



**Virgínia Sofia  
Gonçalves Ferreira**

**Gestão Eficiente de Água em Campos de Golfe**



**Universidade de Aveiro** Departamento de Engenharia Civil  
2009

**Virgínia Sofia  
Gonçalves Ferreira**

## **Gestão Eficiente de Água em Campos de Golfe**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica do Doutor Armando Batista da Silva Afonso, Professor Associado Convidado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

*“Não há vida sem água. A água é um bem precioso, indispensável a todas as actividades humanas.”*

(Carta Europeia da Água)

## **o júri**

presidente

**Prof. Doutor Paulo Barreto Cachim**

professor associado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutor Pedro Manuel Pinheiro Veloso Tavares**

professor auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

**Prof. Doutor Armando Baptista da Silva Afonso**

professor associado convidado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

A toda a minha família, principalmente aos meus pais e irmãs, que sempre me apoiaram e deram força nesta caminhada.

A todos os meus amigos e amigas pelo seu apoio, paciência, e principalmente, pela sua amizade.

Ao meu orientador, Prof. Doutor Armando Silva Afonso, pelo apoio e orientação, essenciais na realização deste trabalho.

**palavras-chave**

Água, Campos de Golfe, Uso eficiente de água, Ecoespuma, Água Residual Tratada, Necessidades Hídricas.

**resumo**

Este trabalho tem como objectivo estudar e comparar soluções de gestão eficiente de água em campos de golfe. A água é um bem essencial a todas as actividades humanas, no entanto é um recurso que pode esgotar. Por isso, é necessário proceder ao seu uso eficiente. O uso eficiente de água consiste em organizar a utilização da água com o objectivo de obter o maior rendimento possível. Este trabalho é composto por uma apresentação das diversas medidas para o uso eficiente de água de acordo com o Plano Nacional para o Uso Eficiente de Água. No seguimento do trabalho são estudadas três dessas medidas: adequar o tipo de relva ao local onde se encontra o campo de golfe; utilizar o substrato Ecoespuma; e efectuar a rega com águas residuais tratadas. De modo a sustentar as opções escolhidas foi realizado um estudo meramente teórico. Neste estudo são calculadas as necessidades hídricas de um campo de golfe, sendo, posteriormente, quantificada a quantidade de água que pode ser poupada e a redução de custos resultante da aplicação das soluções estudadas.

**keywords**

Water, Golf Course, Efficiency, Fytofoam, Recycled Wastewater, Water needs.

**abstract**

This work aims the study and comparison of efficient water management solutions on golf courses.

Water is an essential good to all human activities; however, it likely to become exhausted very soon. Therefore, it is necessary to start using it efficiently. The efficient use of water implies an organization in order to obtain the highest income possible.

This work presents different methods to manage the efficient use of water according to the National Plan for the Efficient Use of Water. Three of these methods are studied: the adaptation of the type of grass to the place where the golf courses exist; the use of substrate Fytofoam, and finally, the use of an irrigation system with treated wastewater.

In order to sustain the chosen options, a theoretical study was made. On this study, water needs of a golf course are calculated and then, the amount of water that can be saved is computed. To end is made an evaluation of cost reductions resulting from the application of these solutions.

## ÍNDICE GERAL

Índice Geral.....	i
Índice de figuras.....	v
Índice de tabelas.....	vii
Índice tabelas anexo.....	viii
Símbolos e Acrónimos.....	ix
1. Introdução .....	1
1.1. Motivação .....	1
1.2. Objectivos .....	1
1.3. Metodologia .....	1
2. Pesquisa bibliográfica/Estado da arte .....	3
2.1. A água .....	3
2.1.1. Enquadramento geral .....	3
2.2. Campos de Golfe .....	4
2.3. Práticas/Medidas ao uso eficiente de água.....	5
2.3.1. Adequação da gestão da rega.....	5
2.3.2. Adequação da gestão do solo.....	11
2.3.3. Adequação da gestão das espécies plantadas.....	16
2.3.4. Utilização de água da chuva .....	18
2.3.5. Utilização de água residual tratada .....	19
2.3.6. Proibição de utilização de água do sistema público de abastecimento .....	21
3. A Necessidade do Uso Eficiente de Água .....	23
3.1. Definição de uso eficiente de água .....	23
3.2. Eficiência actual do uso da água.....	24
3.3. A necessidade da eficiência .....	25
3.3.1. Poupar água.....	25
3.3.2. Poupar dinheiro.....	26
3.3.3. Poupar energia .....	27
3.3.4. Proteger o meio ambiente .....	28
4. Soluções para o uso eficiente de água em campos de golfe .....	31



4.1.	Adequação do tipo de relva .....	31
4.1.1.	Tipos de relva .....	31
4.1.2.	Características da relva .....	34
4.1.3.	Eficiência do uso da água nas relvas C3 e C4 .....	35
4.2.	Utilização de substratos .....	37
4.2.1.	A Ecoespuma .....	37
4.2.2.	Utilidade .....	37
4.2.3.	Modo de actuação .....	38
4.2.4.	Tipos de aplicação .....	40
4.2.5.	Vantagens .....	44
4.3.	Utilização de águas residuais tratadas (ART).....	46
4.3.1.	Generalidades .....	46
4.3.2.	Condições de utilização de ART .....	47
4.3.3.	Produção de ART .....	49
4.3.4.	Características do local a regar .....	50
4.3.5.	Distribuição de ART.....	53
4.3.6.	Armazenamento.....	57
4.3.7.	Instalação de rega .....	60
4.3.8.	Realização da rega .....	64
4.3.9.	Controlo e monitorização da instalação de rega.....	67
4.3.10.	Tarifário .....	73
5.	Estudo de um caso .....	77
5.1.	Local .....	77
5.2.	Área .....	78
5.3.	Disponibilidades hídricas .....	78
5.3.1.	Caracterização climática.....	78
5.3.2.	Precipitação .....	79
5.4.	Necessidades hídricas .....	80
5.5.	Opções .....	85
5.5.1.	Relva.....	85
5.5.2.	Ecoespuma.....	87
5.5.3.	Necessidades hídricas. Comparação de resultados.....	89

5.6.	Hipóteses de rega .....	89
5.6.1.	Água da rede pública .....	89
5.6.2.	Água de furos de captação .....	90
5.6.3.	Efluente tratado da ETAR.....	91
5.7.	Quantificação de custos .....	94
5.7.1.	Sem ecoespuma.....	95
5.7.2.	Com ecoespuma .....	97
5.7.3.	Comparação de resultados .....	98
6.	Conclusões e Trabalhos Futuros .....	101
6.1.	Conclusões gerais .....	101
6.2.	Trabalhos Futuros .....	104
7.	Referências bibliográficas.....	105
Anexos	.....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Zonas de um campo de golfe.....	5
Figura 2.	Fases de elaboração e implementação de um Plano de Gestão de Rega.....	6
Figura 3.	Factores que influenciam as necessidades de rega.....	7
Figura 4.	Estação meteorológica.....	8
Figura 5.	Esquema representativo da diferença resultante da aplicação de água com um sistema uniforme e com um sistema não uniforme.....	9
Figura 6.	Bom exemplo de gestão de rega .....	10
Figura 7.	Mau exemplo de gestão de rega .....	10
Figura 8.	Vermiculite.....	12
Figura 9.	Turfa.....	12
Figura 10.	Fibra de coco.....	13
Figura 11.	Perlite .....	13
Figura 12.	Lã de rocha.....	13
Figura 13.	Casca de pinheiro .....	14
Figura 14.	Ecoespuma .....	15
Figura 15.	Substratos CH .....	15
Figura 16.	Sistema de uso da água da chuva.....	19
Figura 17.	Gráfico do volume de água utilizada por sectores .....	24
Figura 18.	Gráfico comparativo perdas vs consumos .....	24
Figura 19.	Distribuição da água no planeta.....	25
Figura 20.	Distribuição da água doce.....	26
Figura 21.	Consumo de energia de uma empresa de abastecimento de água .....	28
Figura 22.	Emissão de gases de uma empresa de abastecimento de água .....	28
Figura 23.	Produção de resíduos de uma empresa de abastecimento de água .....	29
Figura 24.	Secções transversais de uma folha C3 e C4.....	32
Figura 25.	Via fotossintética plantas C3 .....	33
Figura 26.	Via fotossintética plantas C4 .....	34
Figura 27.	Aspecto da ecoespuma nas raízes .....	38
Figura 28.	Germinação de relva com e sem aplicação de ecoespuma .....	39

Figura 29.	Desenvolvimento radicular em tapetes com e sem ecoespuma .....	39
Figura 30.	Aplicação de ecoespuma por injeção.....	40
Figura 31.	Fases da aplicação de ecoespuma por injeção .....	41
Figura 32.	Parque Melbourne.....	42
Figura 33.	Aplicação de camada de ecoespuma .....	42
Figura 34.	Fases da aplicação de ecoespuma por camadas.....	43
Figura 35.	Parque Tunks no Norte de Sydney .....	44
Figura 36.	Exemplo de identificação de tubagens para ART .....	54
Figura 37.	Distância entre contadores de redes diferentes.....	55
Figura 38.	Sinalização do armazenamento de ART.....	57
Figura 39.	Tubagem Unibioline .....	61
Figura 40.	Caixa de válvulas e ligação rápida identificada com etiqueta .....	62
Figura 41.	Exemplo de tabuleta de informação .....	63
Figura 42.	Exemplo de sinalização .....	63
Figura 43.	Exemplo de protecção de bebedouro.....	65
Figura 44.	Possível localização do campo de golfe .....	77
Figura 45.	Mapa de localização das ETAR.....	92
Figura 46.	ETAR Norte; ETAR Sul.....	92

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.	Propriedades de alguns materiais .....	16
Tabela 2.	Algumas espécies de relva utilizadas em campos de golfe.....	17
Tabela 3.	Qualidade microbiológica das águas residuais tratadas para reutilização em rega para os campos de golfe e o esquema de tratamento adequado .....	48
Tabela 4.	Valor máximo admissíveis para concentrações de metais pesados nos solos a regar com águas residuais tratadas.....	51
Tabela 5.	Declives máximos do terreno para diferentes tipos de rega .....	51
Tabela 6.	Profundidade do nível freático durante a rega com ART .....	52
Tabela 7.	Distância mínima desde a zona de rega até à zona com ocupação humana ....	53
Tabela 8.	Distância vertical mínima entre tubagens.....	56
Tabela 9.	Distancia horizontal mínima entre tubagens.....	56
Tabela 10.	Métodos, processos e tipos de rega potencialmente utilizáveis com águas residuais urbanas tratadas .....	60
Tabela 11.	Valores máximos admissíveis para a velocidade do vento durante a rega ..	64
Tabela 12.	Valores-limites para as quantidade anuais de metais pesados que podem ser introduzidos nos solos cultivados com base numa media de 10 anos .....	68
Tabela 13.	Áreas do campo de golfe .....	78
Tabela 14.	Precipitações médias mensais.....	79
Tabela 15.	Evapotranspiração de referência mensal.....	81
Tabela 16.	Coeficientes mensais característicos ( $K_c$ – relvas C3).....	81
Tabela 17.	Evapotranspiração da cultura – relvas C3 .....	82
Tabela 18.	Precipitação efectiva .....	83
Tabela 19.	Necessidades hídricas úteis – relvas C3 .....	83
Tabela 20.	Eficiências de rega .....	84
Tabela 21.	Necessidades hídricas totais – relvas C3 .....	84
Tabela 22.	Coeficientes mensais característicos ( $K_c$ - relvas C4) .....	86
Tabela 23.	Evapotranspiração da cultura – relvas C4 .....	86
Tabela 24.	Necessidades hídricas totais – relvas C4 .....	87
Tabela 25.	Necessidades hídricas totais – Ecoespuma + relvas C3 .....	88

Tabela 26.	Necessidades hídricas totais – Ecoespuma + relvas C4 .....	88
Tabela 27.	Comparação de Necessidades hídricas .....	89
Tabela 28.	Tarifário da água da rede pública em Aveiro .....	90
Tabela 29.	Resultados analíticos do controlo da água tratada.....	93
Tabela 30.	Tarifas das várias soluções .....	94
Tabela 31.	Custo da água - sem ecoespuma .....	95
Tabela 32.	Custo total para rega - sem ecoespuma .....	97
Tabela 33.	Custo da água - com ecoespuma.....	97
Tabela 34.	Custo total para rega - com ecoespuma .....	98
Tabela 35.	Custo da água para as várias opções.....	98
Tabela 36.	Custos associados às várias opções .....	99
Tabela 37.	Custo total para as várias opções .....	99

### **Índice tabelas anexo**

Tabela I.	Espécies de relva vs características .....	109
Tabela II.	Qualidade da água destinada á rega – características físico-químicas com potencial risco ambiental .....	110
Tabela III.	Qualidade da água destinada á rega – características físico-químicas com potencial risco agronómico.....	111
Tabela IV.	Qualidade da água destinada á rega – características microbiologias.....	111
Tabela V.	Mapa de Registo de Nutrientes e Metais Pesados Aplicados ao Solo.....	112
Tabela VI.	Mapa de Registo de Nutrientes e Metais Pesados Aplicados ao Solo (cont).....	113
Tabela VII.	Mapa de Programação da Fertilização .....	114
Tabela VIII.	Mapa de Execução da Fertilização.....	115
Tabela IX.	Mapa de Acompanhamento da Qualidade da Água no Solo.....	116

## SÍMBOLOS E ACRÓNIMOS

A	Amortizações do exercício
ARH	Administração de Região Hidrográfica
ART	Águas residuais tratadas
C	Concentração do nutriente ou metal pesado na água utilizada
CEF	Custos de exploração fixos
CEV	Custos de exploração variáveis
COC	Custo de oportunidade do capital empregue afecto ao financiamento desta actividade (quer capitais alheios, quer capitais próprios)
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
Eg	Eficiência de rega
EDP	Energias de Portugal
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
ET <sub>c</sub>	Evapotranspiração da cultura
ET <sub>o</sub>	Evapotranspiração de referência
G <sub>e</sub>	Ascensão capilar a partir das águas subterrâneas
H	Altura total de elevação
i	Utilizador
j	Estação de tratamento
K <sub>c</sub>	Coefficiente adimensional da cultura
LR	Fracção de lixiviação
m	Número total de estações de tratamento onde se produz água para reutilização
M	Quantidade do nutriente ou metal pesado aplicado
n	Número total de utilizadores servidos pela entidade gestora
N	Ano para o qual se está a efectuar o cálculo do tarifário
N-1	Ano anterior para o qual se está a efectuar o cálculo do tarifário
NHT	Necessidades hídricas totais
NHU	Necessidades de água útil
O <sub>2</sub>	Oxigénio

V	Volume de águas residuais tratadas aplicado
P	Potência requerida por um grupo
$P_e$	Precipitação efectiva
$P_t$	Precipitação total
PF	Valor anual da parcela fixa
PPTE	Proveitos resultantes do pagamento dos troços de distribuição específicos
PV	Valor anual da parcela variável
Q	Caudal
$Q_{max}$	Volume máximo diário contratado por cada utilizador
SCS	Soil Conservatios Service
SMA	Serviços Municipalizados de Aveiro
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
$T_m$	Tarifa variável aplicada aos volumes distribuídos através de meios móveis
$T_v$	Tarifa variável
$W_b$	Armazenamento inicial de água no solo
$W_e$	Armazenamento final de água no solo
$\gamma$	Peso volúmico da água
$\eta$	Rendimento do grupo de elevação



# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1. Motivação**

A água é uma substância abundante na Terra, cobrindo cerca de  $\frac{3}{4}$  da superfície do planeta, sendo que apenas 1% é água doce, ou seja, que se encontra disponível para o consumo. Todos os anos morrem 1,5 milhões de pessoas por falta de este elemento essencial da vida. Assim a necessidade de preservar os recursos hídricos é uma realidade, tornando-se inevitável uma crescente consciencialização para o uso eficiente de água.

Os campos de golfe devido aos seus enormes relvados necessitam de grandes quantidades de água, tornando-se assim, eventualmente, numa ameaça de perturbação ambiental, em particular quando as práticas de rega forem inadequadas. Assim é urgente encontrar e aplicar soluções que conduzam a uma melhor gestão de água nos campos de golfe.

## **1.2. Objectivos**

Pretende-se com a realização deste trabalho estudar e comparar soluções de gestão eficiente da água de acordo com o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água. Essas soluções estarão direccionadas em particular aos campos de golfe.

Com este trabalho deseja-se também quantificar quantidades de água que poderão ser preservadas com a implementação de soluções de gestão eficiente de água num campo de golfe.

Ambiciona-se, ainda, quantificar reduções ou aumentos de custos com este recurso hídrico devido a implementação dessas medidas no mesmo campo de golfe.

## **1.3. Metodologia**

Numa primeira fase é realizada uma pesquisa bibliográfica de todas as Práticas / Medidas ao uso eficiente de água. Estas medidas estão de acordo com o Plano Nacional para o Uso Eficiente de Água. No seguimento do trabalho são estudadas três dessas

medidas em particular: o tipo de relva ao local onde se encontra o campo de golfe; utilizar o substrato Ecoespuma; e efectuar a rega com águas residuais tratadas.

Por último, de modo a sustentar as opções escolhidas, é realizado um estudo de caso (teórico). Neste estudo são calculadas as necessidades hídricas de um campo de golfe, e é quantificado a quantidade de água que pode ser salva e a redução de custos resultantes da aplicação das soluções estudadas.

## **2. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA/ESTADO DA ARTE**

### **2.1. A água**

A água é um bem essencial à vida. É também um factor fundamental para o desenvolvimento sócio-económico do país, desde a agricultura ao turismo, passando pela indústria. Os recursos de água não são inesgotáveis, é preciso conservá-los, controlá-los e mantê-los.

Se se analisar o consumo de água por sectores, verifica-se que a agricultura é o sector com maior consumo, seguindo-se o abastecimento urbano e depois a indústria. A procura de água em Portugal ronda os  $7500 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$  [1]. No entanto nem toda esta água é aproveitada, uma parcela importante está associada a ineficiência de uso e perdas. É necessário, por isso, implementar medidas e sistemas para uma melhor eficiência do uso da água.

#### **2.1.1. Enquadramento geral**

Os recursos hídricos são as águas superficiais ou subterrâneas disponíveis numa determinada região.

A água subterrânea é a água que, depois de se infiltrar, vai ocupar e circular através dos espaços vazios do solo e de rochas. Esta água pode ser captada naturalmente, através de nascentes, ou artificialmente, através de poços, furos ou galerias de minas.

A água superficial é a água proveniente de rios e lagos. É uma das fontes mais importantes para o abastecimento público devido às grandes quantidades que permite captar.

Obter água a partir de águas subterrâneas tem algumas vantagens em relação às superficiais, como a existência de água mesmo nos períodos de seca, quando os rios e ribeiras estão secos, e permitir captar água em locais sem rios ou ribeiras, e ainda a sua qualidade geralmente é superior às águas superficiais.

Existem ainda outras formas de obter água através da dessalinização da água do mar, reutilização de águas residuais tratadas e aproveitamento de água das chuvas.

## 2.2. Campos de Golfe

O golfe é um desporto actualmente considerado um negócio interessante a nível mundial, devido ao aumento do número de jogadores nos últimos anos. Este aumento de jogadores e o crescente interesse na realização de viagens de golfe fez com que o plano estratégico nacional de turismo definisse o golfe como um dos dez produtos estratégicos para o desenvolvimento turístico em Portugal.

A variedade de campos de golfe e a diferenciação paisagística dos mesmos são as principais razões de demarcação da oferta dos locais para praticar este desporto no nosso país. Existem 70 campos de golfe distribuídos pelo continente e ilhas [2].

Este desporto é praticado em campos de golfe que podem ser construídos em qualquer terreno plano ou sinuoso, desde que o solo seja devidamente preparado para semear relva.

Um campo de golfe é constituído pela zona de jogo, campo e lagoas, e as instalações, *club-house*, restaurante, recepção/loja, oficinas de manutenção, etc. Todos estes constituintes necessitam de água para o seu funcionamento. Contudo, o local onde são consumidas maiores quantidades de água é na zona de jogo, para a rega das zonas relvadas, pois não é concebível que um campo de golfe tenha maus relvados.

A zona de jogo de um campo de golfe tem vários percursos, sendo cada um constituído por diferentes zonas: *tee*, *green*, *fairway* e *rough*. O *tee* é o ponto a partir do qual se bate a primeira pancada, podendo existir um ou mais *tees* em cada percurso. O *green* é a área de finalização de cada percurso, onde se situa o buraco, no qual deve cair a bola. O *fairway* é parte central do campo, ou seja, o “corredor” que vai do *green* ao *tee*. O *rough* é a área adjacente ao *fairway*, a qual pode conter espécies arbustivas para além de relva. Na Figura 1 encontram-se assinaladas as várias zonas de um percurso num campo de golfe [3].

Um campo de golfe de 18 percursos no Algarve apresenta consumos médios de água entre os 200 000 e 250 000 m<sup>3</sup>/ano, atingindo os valores máximos nos meses de Julho e Agosto [1]. Estes valores são indicadores da necessidade de aplicar medidas e planos de gestão para o uso eficiente de água.



Figura 1. Zonas de um campo de golfe [4]

## **2.3. Práticas/Medidas ao uso eficiente de água**

Os principais factores que determinam a quantidade de água necessária para manter a relva em boas condições são o solo, o tipo de relva, o sistema de rega, a frequência e altura de corte de relva, a qualidade da água, a temperatura e o vento. De acordo com estes e outros factores foram estabelecidas medidas para o uso eficiente de água, as quais serão descritas em seguida [1].

### **2.3.1. Adequação da gestão da rega**

Esta medida consiste em efectuar a rega de modo a fornecer unicamente a quantidade de água que a planta necessita para o seu normal crescimento, gerindo correctamente a intensidade, o alcance e os períodos de rega. Para uma melhor gestão da rega pode subdividir-se esta medida em pequenos procedimentos a adoptar:

- Realização da rega somente quando necessário, mantendo a relva em ligeiro stress hídrico;

- Monitorização da zona das raízes, instalando sondas de humidade no solo em locais representativos das variações micro ambientais que se verificam nessas áreas, para determinação rigorosa da necessidade de rega;
- Controlo dos sistemas de rega pelos sensores de humidade;
- Realização de manutenção periódica dos sistemas de rega de modo a eliminar fugas;
- Programação da altura de rega para o início da manhã (antes das 8:00) ou ao fim da tarde (depois das 18:00) de modo a minimizar as perdas por evaporação;
- Eliminação da rega em dias com vento de modo a minimizar as perdas por evaporação;
- Regulação da intensidade de rega de modo a não criar escoamento superficial, e consequentemente desperdício de água;
- Operação eficiente dos sistemas de rega.

Podemos aplicar mais eficientemente todos estes procedimentos através de um plano de gestão de rega.

A elaboração e implementação de um plano de gestão de rega são o primeiro passo para efectuar a rega de um relvado sem desperdício de água. Um plano de gestão de rega é um processo dinâmico com quatro fases (Figura 2), que deve ser continuamente avaliado e corrigido [5].

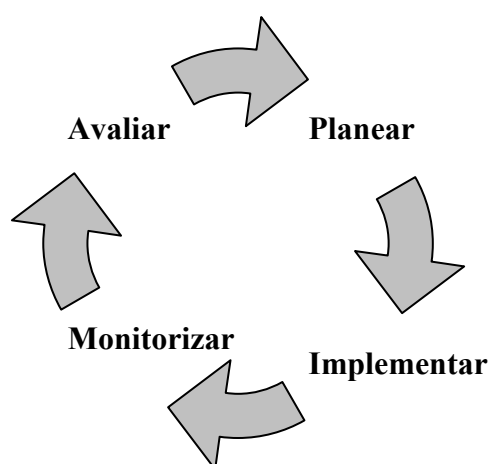


Figura 2. Fases de elaboração e implementação de um Plano de Gestão de Rega

A primeira fase é o Planeamento. Aqui é necessário caracterizar o campo, o sistema de rega e definir os objectivos que se pretendem atingir, em termos de qualidade da relva, estética do campo, consumos de água e mão-de-obra disponível. Esta fase termina com a elaboração do documento Plano de Gestão de Rega onde estarão definidos todos os objectivos, as zonas de rega e os procedimentos necessários à sua implementação e monitorização.

A caracterização inadequada de zonas de rega é uma das principais causas da diferença entre a quantidade de água necessária e a utilizada, pois tratar de zonas diferentes de maneira igual vai provocar a que algumas zonas recebam quantidades de água inadequadas. É prática comum existir programas de rega diferentes para *tees*, *greens*, *fairways* e *roughs*, pois cada uma destas zonas necessita de quantidades diferente de água. No entanto um grupo de *tees* exposto ao sol vai ter uma necessidade de rega completamente diferente de um que esteja a maior parte do tempo à sombra, assim como um *green* numa zona exposta ao vento necessita de quantidades de água diferente de um que esteja mais protegido [5].

Após definido o Plano de Gestão de Rega procede-se à programação da rega, ou seja a Implementação do plano. Um erro frequente na gestão da rega é a falta de precisão e definição das estimativas referentes às necessidades hídricas da relva. Para se conseguir uma adequada programação de rega é necessário considerar os diferentes factores que influenciam as necessidades de rega (Figura 3).

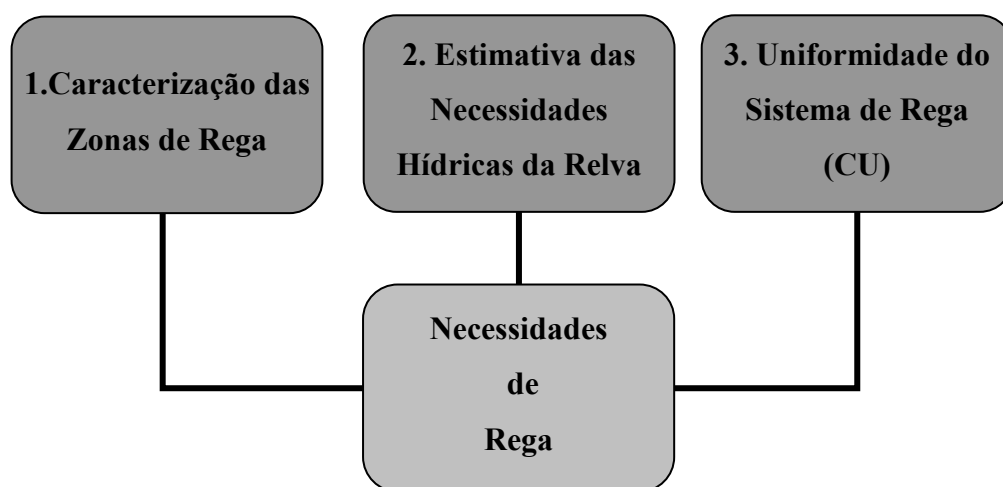


Figura 3. Factores que influenciam as necessidades de rega

Para a caracterização das zonas de rega é necessário considerar não só o tipo de relva, exposição ao sol e vento, tipo de grau de utilização, como também o tipo de solo e modelação do terreno. O objectivo é definir zonas relativamente homogêneas que possam vir a ter necessidades de água semelhantes.

Depois de definidas as zonas de rega é necessário estimar a necessidade de rega de cada uma delas. Para se poder avaliar a quantidade de água efectivamente perdida pelo sistema solo/planta é importante recorrer a dados de evapotranspiração através de uma estação meteorológica, como por exemplo a da Figura 4. A evapotranspiração resulta da combinação da transpiração de água pela planta com a evaporação de água do solo. O seu valor pode ser determinado através da medição dos valores da velocidade do vento, temperatura, humidade relativa e radiação, representando assim uma evapotranspiração de referência. Este valor terá de ser ajustado para cada uma das zonas de rega por um factor de conversão.



Figura 4. Estação meteorológica

A uniformidade de um sistema de rega tem um papel bastante importante na programação da rega. Um sistema de rega não consegue aplicar água com 100% de uniformidade, ou seja, não consegue aplicar a mesma quantidade de água em cada metro quadrado de relva, no entanto pode ter uma maior ou menor uniformidade. Quanto menor a uniformidade do sistema de rega maior a quantidade de água necessária.

As desvantagens da utilização de um sistema não uniforme, não são só a quantidade de água utilizada em excesso mas, também os efeitos resultantes dessa aplicação excessiva,



ou seja, de um solo saturado resulta uma maior sensibilidade ao tráfego, raízes com falta de ar, lixiviamento de fertilizantes e erosão.

A concepção do projecto, o vento e o desempenho do equipamento são os factores que mais contribuem para a uniformidade dos sistemas de rega. Na Figura 5 é possível um esquema representativo da diferença resultante da aplicação de água com um sistema uniforme e com um sistema não uniforme. Durante a concepção do sistema, o correcto dimensionamento das tubagens e a selecção e distribuição dos aspersores e bicos são determinantes para a sua uniformidade. O vento deverá também ser considerado na fase de projecto, isto porque ao perturbar a distribuição da água pelos aspersores vai consequentemente afectar a uniformidade da rega. Se a rega das zonas mais sensíveis ao vento for programada para as horas de menor vento, a uniformidade da rega nessas zonas melhorará. O efeito do vento poderá também ser combatido com barreiras de vento que protejam as zonas mais sensíveis. A manutenção e monitorização do desempenho do equipamento é fundamental, pois não adianta ter um sistema de rega bem concebido se houverem aspersores entupidos e bicos trocados [5].

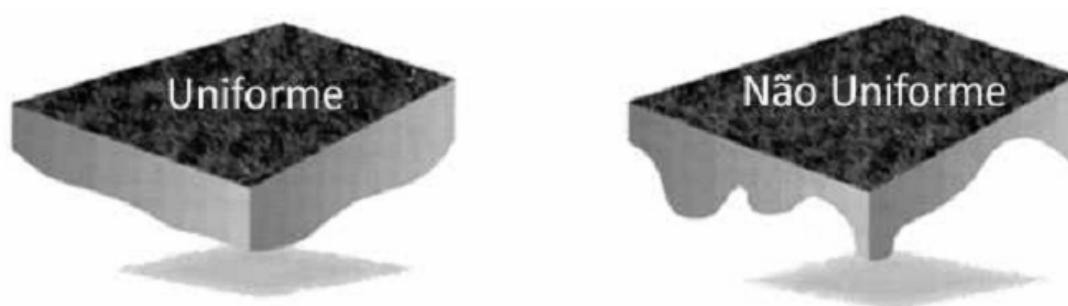


Figura 5. Esquema representativo da diferença resultante da aplicação de água com um sistema uniforme e com um sistema não uniforme

A terceira fase deste plano de gestão é a monitorização do desempenho da rega, para isso é necessário implementar rotinas para avaliar o efeito da rega, procurando conhecer a quantidade que ficou disponível para a planta, a profundidade atingida, se houve ou não escorrimento e a uniformidade de aplicação. As sondas de monitorização de água no solo são uma ferramenta muito útil para determinar todos estes parâmetros.

A programação de rega deverá ser revista e adaptada todas as semanas, com base nos valores de evapotranspiração obtidos na semana anterior. A eficiência das regas e a precisão das necessidades hídricas do solo deverão ser analisadas, também todas as

semanas, em função da variação da humidade do solo. Assim como a uniformidade do sistema deverá ser continuamente testada e corrigida. É fundamental efectuar o registo de todos os passos importantes no processo, desde observações a alterações.

Na Figura 6 está representado uma boa gestão de rega, pois a rega só é efectuada quando o nível de humidade no solo está prestes a gerar stress na planta, nessa altura a rega volta a trazer a humidade do solo para valores perto, não superiores, da capacidade de campo. A Figura 7 representa um mau exemplo de gestão de rega, pois são efectuadas regas diárias e em excesso mantendo a quantidade de água no solo acima da capacidade de campo [5].

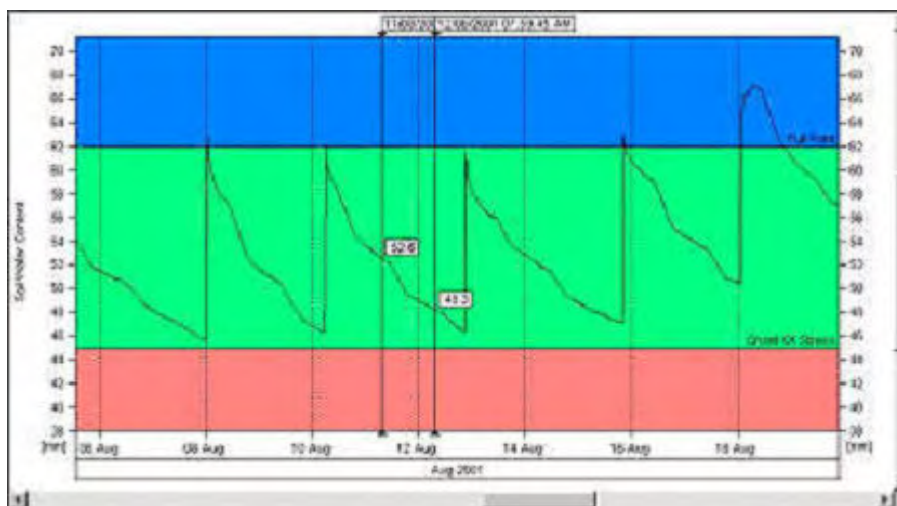


Figura 6. Bom exemplo de gestão de rega [5]

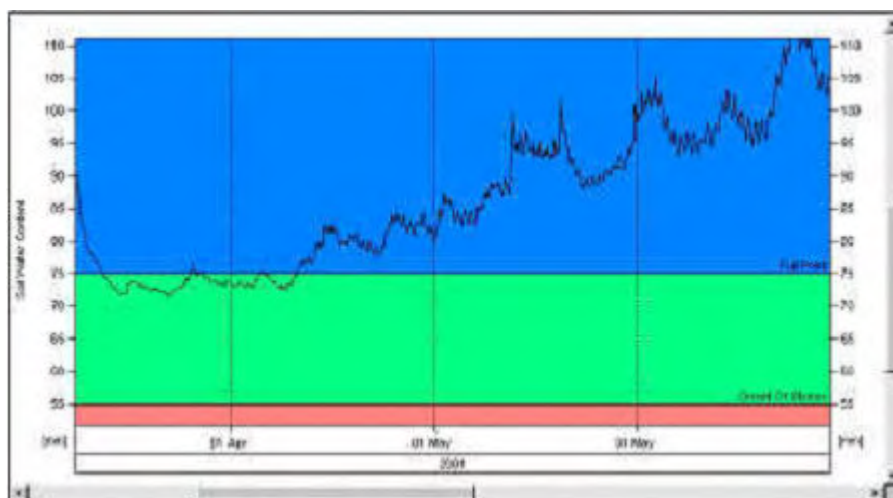


Figura 7. Mau exemplo de gestão de rega [5]

A última fase é a avaliação dos dados da monitorização e consequente adopção de medidas correctivas que serão integradas na fase de planeamento. Este é um processo que vai sendo efectuado ao longo de todo o projecto e não apenas no final. É importante que no final de cada ciclo anual seja efectuada uma avaliação mais detalhada de toda a época de rega, analisando os resultados e comparando-os com as previsões [5].

### 2.3.2. Adequação da gestão do solo

Para a implementação desta medida é necessário avaliar as características do solo existente, principalmente no que diz respeito à sua capacidade de reter água.

Um campo de golfe pode ser construído em qualquer lugar desde que o seu solo tenha condições para um bom crescimento da relva. Se na avaliação do mesmo se verificar que não possui aptidão para o armazenamento de água e tem uma má capacidade de infiltração, então é necessário alterar as suas características.

A alteração das características do solo pode ser efectuada através da adição de substratos que tornem os solos mais porosos e aumentem a capacidade de retenção de água no solo. Um substrato é o suporte para o desenvolvimento das raízes, capaz de proporcionar à planta a água e os elementos nutritivos que necessita e as raízes a oxigenação necessária à sua respiração.

A escolha do substrato a usar relaciona-se com o conhecimento das suas características físicas, densidade, porosidade, capacidade de retenção, espaço de ar e teor de humidade, e químicas, pH, sais solúveis e capacidade de troca catiónica [6]. Para uma melhor compreensão destas propriedades, apresentam-se de seguida algumas definições.

A densidade real de uma partícula é uma grandeza adimensional, definida como a razão entre massa dessa partícula e a massa de água que ocupa volume igual. A densidade aparente de um substrato é a razão entre massa da sua parte sólida e massa de água que ocupa um volume igual ao volume da sua parte sólida e dos poros. Esta densidade deve ser suficientemente elevada para estabilizar a planta mas suficientemente baixa para facilitar o seu manuseamento e o transporte. A porosidade é o espaço que existe entre as partículas e que pode ser preenchido por ar ou água, quanto maior a porosidade menor a capacidade do substrato reter água. O espaço de ar é a percentagem volumetria do substrato que está

preenchida por ar e o teor de humidade é a percentagem de água no substrato expressa com base na massa do mesmo humedecido. A capacidade de troca catiónica é a capacidade de um substrato para absorver e intercambiar iões, onde se reflecte a sua capacidade para reter nutrientes. O valor ideal de pH do substrato para a maioria das plantas situa-se entre 5,5 e 6,5.

Existem substratos que se adicionam ao solo melhorando assim as suas propriedades, como a capacidade de retenção de água e a oxigenação necessária à respiração das plantas.

A Vermiculite (Figura 8) é um substrato utilizado principalmente em viveiros, para cobrir a semente após a sementeira, ou em mistura com outros materiais orgânicos. É um silicato alcalino de alumínio expandido com uma capacidade de retenção de água 2,5 vezes superior ao seu peso.



Figura 8. Vermiculite

A turfa (Figura 9) é um material 100% orgânico, isento de aditivos químicos e de agentes patogénicos, é obtida por extracção em turfeiras altas. Este substrato retém muita humidade, por isso deve ser utilizado em quantidades adequadas à região, isto é, deve ser utilizado em maiores quantidades no sul, porque chove menos, e em menores quantidades no norte, pois chove mais.



Figura 9. Turfa

A Fibras de Coco (Figura 10) é um material 100% orgânico, isento de aditivos químicos e de agentes patogénicos, é um produto natural obtido por desfibracão da casca de coco e por isso é biodegradável. Possui baixa condutividade, um pH de 6,5 e uma elevada porosidade, 95%.



Figura 10. Fibras de coco

A Perlite (Figura 11) é um silicato de alumínio expandido na forma de grânulos e é isento de agentes patogénicos. Possui uma baixa capacidade de troca catiónica e grande porosidade com uma boa relação ar/água.



Figura 11. Perlite

A Lã de Rocha (Figura 12) é fabricada a partir de rochas basálticas, possui uma estrutura compacta e perfeitamente homogénea, quimicamente inerte e isenta de agentes patogénicos. Este material tem uma elevada capacidade de retenção de água e arejamento.



Figura 12. Lã de rocha

A Casca de Pinheiro (Figura 13) é um substrato 100% natural e orgânico, a sua incorporação no solo proporciona o aumento do teor de matéria orgânica e da disponibilidade de nutrientes. Permite a correcção de solos alcalinos reduzindo o seu pH. Melhora o enraizamento das plantas e aumenta a capacidade de retenção de água do solo.



Figura 13. Casca de pinheiro

Estes substratos podem ser utilizados individualmente ou em misturas, e são mais empregados em jardinagem, viveiros e horticulturas. Em relvados e campos de golfe são mais utilizados a ecoespuma (*Fytofoam*) e o substrato CH.

A Ecoespuma (Figura 14) é um produto resultante da mistura de uma resina (urea melanine formaldehído) com um coagulante sob a pressão de 5 bares. Esta mistura resulta numa substância esponjosa e leve, com uma densidade de 22 a 30kg/m<sup>3</sup>. Possui uma capacidade de retenção de água de 60% do seu volume total, o que permite uma optimização do consumo de água entre regas e reduzir as perdas de água por lixiviação. Este produto é inofensivo para o meio ambiente e é totalmente biodegradável. A ecoespuma não só pode ser utilizada na fase de instalação dos relvados como também na recuperação de relvados envelhecidos e estragados. Este produto tem uma elevada duração em condições climatológicas extremas e é resistente a altas pressões. A sua utilização é indicada sempre que haja necessidade de melhorar a estrutura dos solos e a sua capacidade de retenção de água, nomeadamente em situações onde haja intenso pisoteio.

A utilização da ecoespuma proporciona uma importante poupança de água e um crescimento excelente das plantas em relvados de campos de golfe. Devido a sua capacidade de retenção de água, permite efectuar uma melhor gestão dos recursos hídricos ao dispor das explorações (poupança até 40% no consumo), bem como a disponibilização

constante da água absorvida à planta, evitando situações de stress hídrico (a rega é nocturna e o consumo diurno).



Figura 14. Ecoespuma

Os substratos CH (Figura 15) resultam da mistura e correcção de diferentes matérias de forma a obter substratos orgânicos de elevada qualidade. As matérias mais utilizadas nesta mistura são o húmus de pinho compostado e estabilizado, a fibra de coco, a turfa, a perlite e a ecoespuma. Estes substratos CH possuem uma boa capacidade de retenção de água assim como uma boa drenagem e arejamento, e os seus valores de pH são controlados.

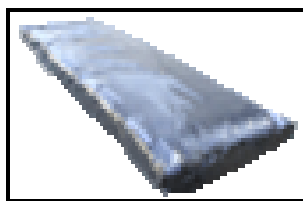


Figura 15. Substratos CH

Na Tabela 1 encontram-se alguns materiais/substratos e suas respectivas propriedades.

Tabela 1. Propriedades de alguns materiais [7]

Material	Porosidade total (% v/v)	Ar (%)	Densidade aparente	Retenção de água (%)
Perlite	65-82	14-46	0,15-0,17	50
Lã de rocha	87-94	19-25	0,2	50-60
Turfa:vermiculite (1:1 v/v)	82-90	6-13	0,14	65-75
Turfa:perlite (1:1 v/v)	76-82	14-27	0,12	60-70
Turfa (sphagnum)	87-89	6-27	0,06-0,10	75-80
Fibra de coco	89-97	4-14	0,04-0,08	70-80
Casca de Pinheiro (<1cm)	73-83	6-41	0,20	60
Areia	36-38	2-4	1,4	10
Vermiculite (n2)	74-85	4-26	0,16-0,18	60-65

Após a implantação do solo é necessário ter atenção a sua excessiva compactação, isto porque a compactação é um dos principais inimigos da saúde dos relvados. Por este motivo é necessária a mobilização do solo, com uma frequência mínima anual, de modo a diminuir a compactação e aumentar a capacidade de retenção de água.

### 2.3.3. Adequação da gestão das espécies plantadas

Um campo de golfe é essencialmente constituído por relva nos *greens*, *fairways* e *tees*, outras áreas como os *rough* podem conter, além de relva, outras plantas.

O tipo de relva semeada é um factor importante para o consumo de água, isto porque existem plantas com elevado consumo de água e outras com um baixo consumo. O clima também influencia a escolha do tipo de relva a utilizar, pois há relva com um melhor crescimento em climas frios e temperados e outras em climas quentes.



No que diz respeito às áreas com outras plantas, caso já exista vegetação no terreno deve ser essa utilizada, pois são plantas que cresceram de acordo com o clima e água existente no local, caso o local não tenha qualquer vegetação, as plantas escolhidas devem ser de acordo com o clima e humidade da região.

Uma relva ideal deverá ter exigências mínimas em termos de resistência a temperaturas excessivamente baixas ou elevadas e à seca, resistência ao pisoteio, e uma taxa de crescimento moderada. A importância de cada uma destas características varia com a zona do campo, considerando-se funções distintas para os *rough*, os *fairways*, os *greens* e *tees*.

As espécies de relva dividem-se em dois grupos de acordo com a temperatura, relvas de frio e relvas de calor. Em Portugal foram identificadas 13 tipos de relva utilizados em campos de golfe, os quais estão apresentados na Tabela 2 [8].

Tabela 2. Algumas espécies de relva utilizadas em campos de golfe

RELVAS DE FRIO	RELVAS DE CALOR
<i>Lolium perenne</i> (Perennial ryegrass)	<i>Cynodon dactylon</i> (Bermuda grass)
<i>Agrostis palustris</i> (Creeping bentgrass)	<i>Cynodon transvaalensis</i> (Bermuda grass)
<i>Stenotaphrum secundatum</i> (St. Augustine grass)	<i>Paspalum vaginatum</i> (Seashore paspalum)
<i>Festuca arundinacea</i> (Tall fescue)	<i>Paspalum dilatatum</i> (Dallisgrass)
	<i>Buchloe dactyloides</i> (Buffalograss)
	<i>Zoysia japonica</i> (Zoysiagrass)
	<i>Paspalum notatum</i> (Bahia grass)
	<i>Paspalum distichum</i> (Knotgrass)
	<i>Eremochloa ophiuroides</i> (Centipedegrass)

Características gerais de alguns tipos de relva [9]:

*Lolium perene* – Espécie que se estabelece mais rapidamente de todas as relvas. Prefere climas mais moderados mas tolera temperaturas até menos 16-18 °C. Pode ser usada na maioria de terrenos, com a exceção de terra muito molhada. Uma característica importante é a tolerância de uso frequente e a rápida renascença das folhas.

*Festuca arundinacea* – Uma das espécies mais tolerantes á seca e calor. Devido ao seu sistema de raiz grande e profunda, consegue ir buscar água em períodos secos quando outras relvas param o crescimento. Tem também uma boa resistência ao pisoteio.

*Cynodon dactylon* – Espécie muito resistente à secura, tolera bem o calor e pisoteio e é pouco exigente em termos de manutenção. Necessita de calor para germinar e entra em dormência com baixas temperaturas.

*Stenotaphrum secundatum* – Muito resistente ao uso e requer baixa manutenção, embora tenha melhor adaptação a zonas quentes, possui uma boa resistência ao frio. O seu uso é mais intenso em zonas marítimas do país.

*Zoysia japonica* – Espécie que forma “tapetes” muito densos e macios quando bem cuidados. Embora resistente ao pisoteio não deve ser utilizada em tráfego intenso.

A escolha de espécies de relva de baixo consumo de água, resistentes ao pisoteio e adequadas ao clima da região do campo de golfe é uma medida importante a adoptar para que a utilização de água na rega seja inferior.

#### 2.3.4. Utilização de água da chuva

Esta medida consiste em alimentar os sistemas de rega a partir da água da chuva previamente armazenada.

Para realização do aproveitamento da água da chuva é necessário uma superfície de recolha e um reservatório para o armazenamento da água. O reservatório pode ser superficial ou subterrâneo, de preferência coberto para minimizar as perdas por evaporação. A dimensão do reservatório tem de ser em função da área a regar, ou seja, quanto maior for o campo de golfe maior será o reservatório. Para que as dimensões do reservatório não entrem em confronto com o campo de golfe, este deve ser subterrâneo

para que a área do reservatório não retire zona de jogo ao campo. Outra opção para efectuar o armazenamento da água é através dos próprios lagos do campo, tendo a vantagem de não entrar em confronto com a área do campo, no entanto tem a desvantagem de desperdício de água devido à evaporação. Na recolha da água da chuva é essencial efectuar a filtração da mesma, isto para evitar a entrada de vegetação e porque existe a necessidade de separação das partículas que posteriormente poderão influenciar a eficiência do sistema de rega através do entupimento do equipamento. Podemos então definir uma ideia base para um sistema de uso da água da chuva, o qual se encontra representado na Figura 16.

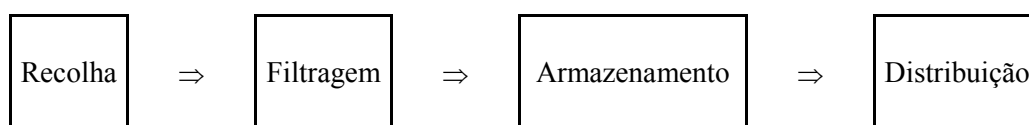


Figura 16. Sistema de uso da água da chuva

Uma dificuldade que pode surgir para a implementação desta medida é a possível ausência de superfícies de recolha da água suficientemente grandes para satisfazer as necessidades de rega do campo.

A vantagem da utilização da água da chuva é a de ser um método económico de obter água para regar. As desvantagens comprometem-se com a maior ou menor dificuldade que se possa ter na sua recolha e armazenamento visto que na altura que chove menos é quando é necessária uma maior quantidade de água.

### 2.3.5. Utilização de água residual tratada

As águas residuais podem ser tratadas a níveis de qualidade admissíveis para utilização na rega, sendo assim, parece ser natural que os campos de golfe caminhem no sentido da reutilização de águas residuais, sendo eles um dos grandes consumidores de água.

A rega com água residual tratada possibilita o aproveitamento dos nutrientes nela presentes, no entanto pode ocorrer acumulação de sais no solo e riscos de toxidade nas plantas.

A utilização de água residual tratada só pode ser considerada uma prática segura do ponto de vista de saúde pública e ambiental, se estiver em conformidade com a documentação normativa e regulamentar que assegure a disponibilidade de águas residuais devidamente tratadas, a utilização de solos adequados, e o acompanhamento ambiental dos ecossistemas potencialmente afectados pela rega.

A NP 4434, norma sobre reutilização de águas residuais tratadas para rega, aplica-se exclusivamente à reutilização de águas residuais urbanas na rega de culturas agrícola, florestais, ornamentais, viveiros, relvados e outros espaços verdes. Esta norma representa um importante contributo para a prática de rega com água residual, pois define [10]:

- Os requisitos de qualidade das águas residuais urbanas tratadas a utilizar como água de rega;
- Os critérios a seguir na escolha dos processos e equipamento de rega a usar;
- Os procedimentos a adoptar na execução das regas com vista a assegurar a protecção da saúde pública e do ambiente;
- Procedimentos de monitorização ambiental da zona potencialmente afectada por essa rega.

A aplicação desta medida depende ainda de outros factores, depende da localização da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), dos caudais disponíveis e dos sistemas de rega utilizados [11].

Esta medida torna-se economicamente inviável se a ETAR não se encontrar dentro de um perímetro em que a distância de transporte da água seja inferior a 20-25km [1]. Quanto maior o afastamento dos campos em relação à ETAR maior o custo da adução da água.

Os caudais disponíveis assumem também importância, pois é necessário saber se existe caudal suficiente para abastecer o sistema de rega. Caso não exista caudal suficiente é necessário estabelecer outras medidas para efectuar a rega.

Existem diversos sistemas de rega, mas quando são utilizadas águas residuais é necessário analisar o que melhor se adequa e quais os cuidados a ter. A utilização de sistemas de rega por aspersão poderá provocar contaminação do ambiente que rodeia a zona regada, no entanto este é o sistema que melhor se adequa á rega de relvados, por isso é necessário estabelecer alguns procedimentos de segurança, como sinalização e

informação do tipo de água utilizada para rega, o uso de aspersores de baixo alcance e efectuar a rega em períodos nocturnos e/ou fora do horário de acesso.

Em termos ambientais, esta medida apresenta benefícios ao nível da redução de volumes de água de rede consumida e de águas residuais que são descarregadas no meio receptor.

#### 2.3.6. Proibição de utilização de água do sistema público de abastecimento

Esta medida consiste na proibição ou limitação da utilização da água da rede pública nos períodos de escassez. Num campo de golfe existem zonas que são essenciais ao jogo, *greens*, *tees* e parte dos *fairways*, as quais não podem ser privadas de água durante muito tempo pois pode conduzir a morte da relva o que provocará uma grande diminuição na qualidade de jogo e do campo de golfe. Por isto em período de escassez é necessário recorrer a origens de água não potável, como poços, furos, rios ou albufeiras existentes perto do local, em alternativa à rede pública [1].

### 3. A NECESSIDADE DO USO EFICIENTE DE ÁGUA

#### 3.1. Definição de uso eficiente de água

A água é um bem essencial e indispensável ao ser humano, não só no que diz respeito à qualidade de vida e à saúde pública, o nível de abastecimento urbano, mas também no que diz respeito às actividades económicas, como a agricultura, a indústria e o turismo.

O uso eficiente de água consiste em organizar a utilização da água com o objectivo de obter o maior rendimento possível, sem por em causa a qualidade de vida do ser humano e o desenvolvimento sócio-económico.

Para que se pudesse determinar a eficiência de utilização da água, foi adoptada, pelo Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água [1], uma Equação (1). Esta fórmula avalia se a água captada da natureza é utilizada de modo optimizado, ou seja, se existe um uso eficiente da água nos diferentes sectores (agricultura, indústria e abastecimento urbano).

$$\text{Eficiência de utilização da água (\%)} = \frac{\text{Consumo útil}}{\text{Procura efectiva}} \times 100 \quad (1)$$

Para que um determinado sector atinja os seus objectivos, o mesmo necessita de ter um consumo mínimo de água. E este consumo mínimo necessário é o consumo útil. A procura efectiva é o volume de água verdadeiramente utilizado pelo sector em questão.

A situação mais desejável, mas mais difícil de alcançar, é obter uma eficiência de utilização próxima de 100%, em que a procura efectiva é próxima do consumo útil de água.

### 3.2. Eficiência actual do uso da água

Em Portugal a procura de água é aproximadamente 7.500 milhões de m<sup>3</sup>/ano, em que a agricultura é o sector com maior utilização, como se pode ver na Figura 17 [19].

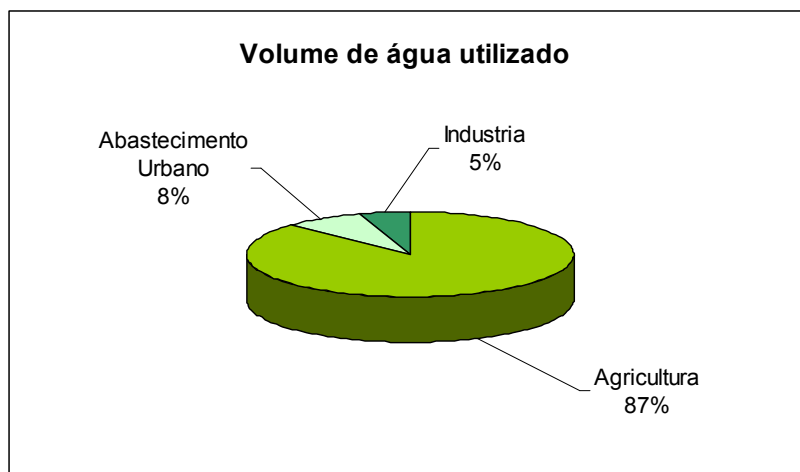


Figura 17. Gráfico do volume de água utilizada por sectores

Como já foi referido anteriormente, nem toda a água que é captada é consumida, existe uma grande parcela associada a ineficiência de uso e a perdas. Esta parcela corresponde a aproximadamente 41 % da água utilizada, ou seja, 3.100 milhões de m<sup>3</sup>/ano. É ver as parcelas relativas a perdas e consumo na Figura 18.

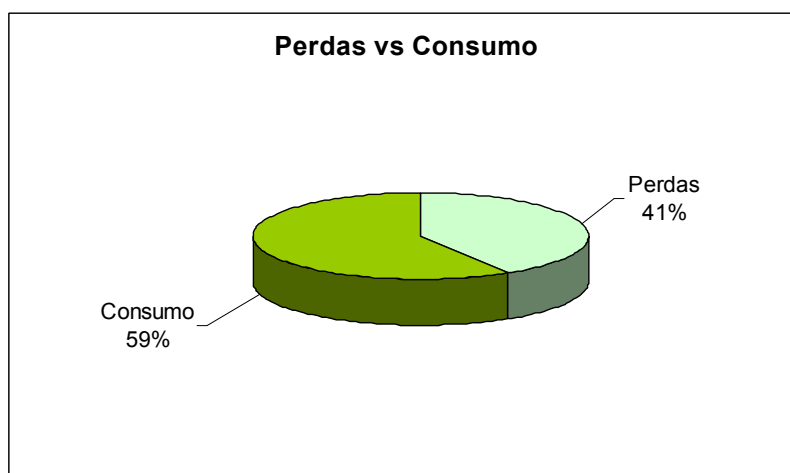


Figura 18. Gráfico comparativo perdas vs consumos

Este elevado volume de água acarreta custos para a sociedade sem quaisquer benefícios. Se este volume for reduzido, resulta uma poupança não só a nível financeiro como também ao nível de menores consumos de água, ou seja, maior eficiência no uso da água.

### 3.3. A necessidade da eficiência

O uso eficiente de água deve preocupar-nos a todos. Existem diversas razões para que a eficiência no uso da água seja uma necessidade. Além de se preservar um recurso limitado permite também poupar dinheiro e energia e ainda proteger o meio ambiente.

#### 3.3.1. Poupar água

Como foi já referido anteriormente, a água é um bem essencial à vida, mas é também um bem limitado por isso é necessário poupá-lo e preservá-lo. É verdade que dois terços da superfície da terra são água, mas nem toda a água pode ser consumida pelo homem. Apenas 2,5% é água doce (Figura 19), e desta percentagem somente um quarto de água pode ser consumido pelo homem, por razões de acessibilidade (Figura 20) [20].

Se for adoptado um uso eficiente da água os caudais de água captados diminuirão, resultando numa maior preservação deste bem.

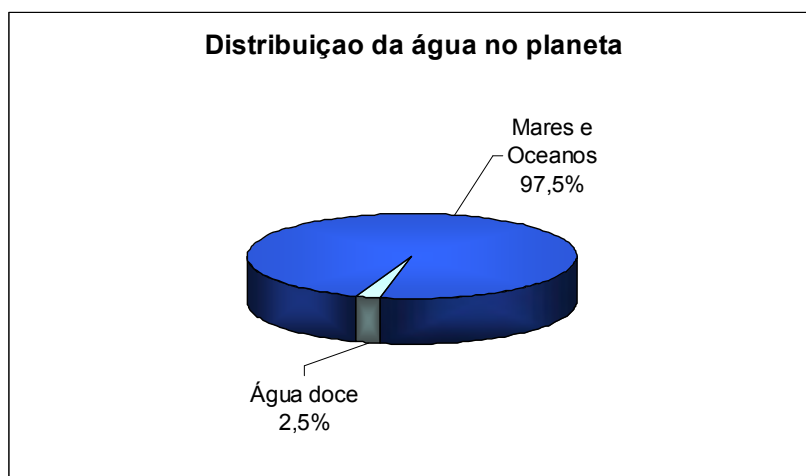


Figura 19. Distribuição da água no planeta



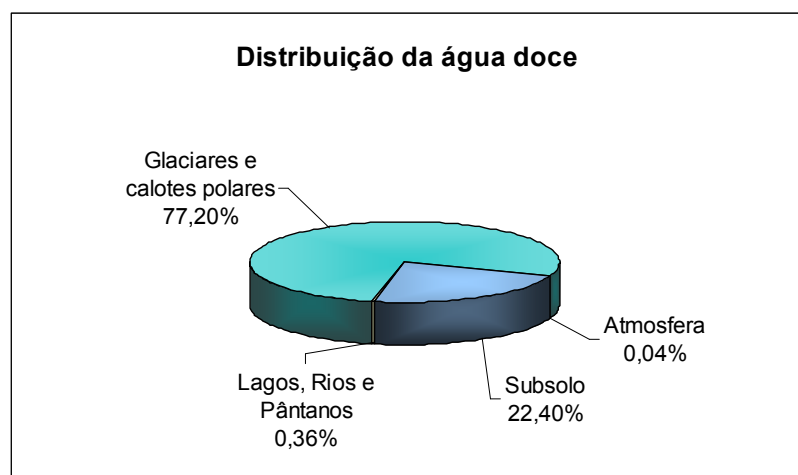


Figura 20. Distribuição da água doce

Preservar as reservas de água é também uma razão para se utilizar eficazmente a água. O nosso país, à escala global do território e do ano hidrológico não tem problemas de carência de água em situação hídrica normal, mas por vezes ocorrem situações críticas de seca sazonais em algumas regiões. Estas situações podem ocorrer por dois motivos: escassez hídrica, devido à seca, ou redução das disponibilidades de água com a qualidade necessária, devido a casos de poluição. O uso eficiente da água ajudará a não arruinar as disponibilidades e reservas dos recursos, através de uma redução nos caudais captados e uma menor poluição provocada.

### 3.3.2. Poupar dinheiro

Diminuir o consumo de água, através do seu uso eficiente, tem um interesse económico para o cidadão, uma vez que permite reduzir os encargos com a utilização da água, sem prejudicar a qualidade de vida e a saúde do agregado familiar. Ou seja, a diminuição do volume de água consumido, implica uma redução no valor da factura de água a pagar no fim do mês [19].

O uso eficiente tem também um grande interesse a nível nacional, uma vez que as potenciais poupanças de água correspondem a um valor muito relevante, estimado em cerca de 0,64% do Produto Interno Bruto nacional [1].

As empresas têm também muito a ganhar ao adoptarem um uso eficiente da água. Sendo a água um factor de produção muito importante em vários sectores de actividade, utilizar este bem eficientemente resulta numa minimização dos encargos e consequentemente no aumento da competitividade das empresas nos mercados nacional e internacional.

Existe ainda um interesse económico para as entidades gestoras, uma vez que permite um melhor aproveitamento das infra-estruturas existentes, podendo não ser necessário a ampliação ou construção de sistemas de captação água para abastecimento e de transporte e tratamento de águas residuais. Com o uso eficiente de água pode-se esperar uma diminuição de vendas de água, o que implica perdas directas para estas entidades. No entanto, estas perdas podem ser parcialmente restauradas através da redução de perdas nos sistemas públicos, as quais, como já foi demonstrado anteriormente, atingem valores preocupantes.

### 3.3.3. Poupar energia

É necessária uma importante quantidade de energia para captar, tratar e transportar a água consumida e utilizada pelo Homem (Figura 21). Ao reduzir a utilização da água, não só pode ajudar a reduzir a energia necessária para o tratamento e abastecimento de água, como também pode ajudar a combater as alterações atmosféricas. O consumo de energia provoca emissão de gases nocivos para a atmosfera e, como se pode ver na Figura 22, são toneladas de gases emitidos por ano.

Existe então uma dependência entre o consumo de água, o consumo de energia e a emissão de gases para a atmosfera. Se o consumo de água diminuir, reduz também o consumo de energia e a emissão de gases.

O uso eficiente de água pode ainda reduzir a energia necessária para o tratamento das águas residuais, uma vez que se for utilizada menos água, menos água residual será produzida e menos energia para o seu tratamento será utilizada [21].

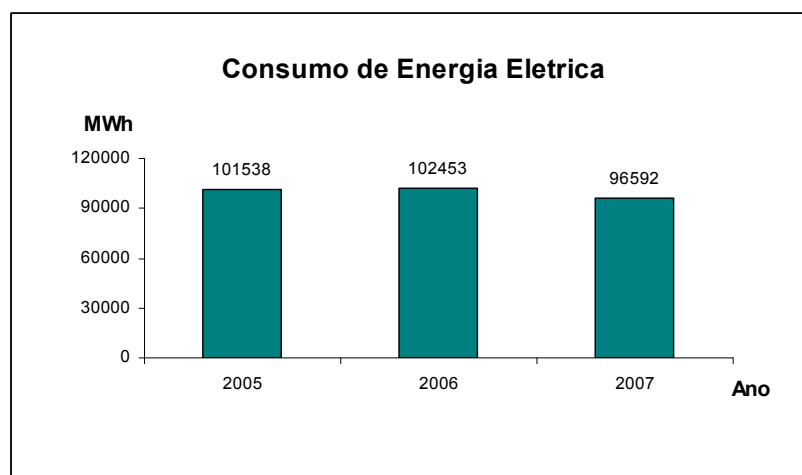


Figura 21. Consumo de energia de uma empresa de abastecimento de água [22]

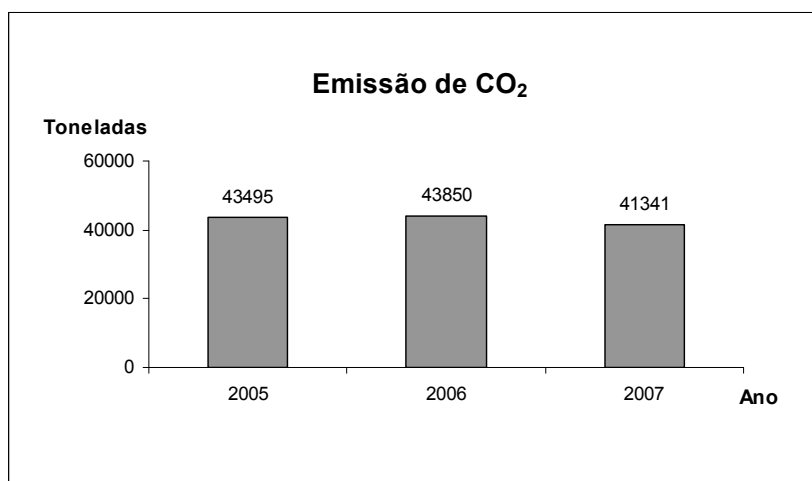


Figura 22. Emissão de gases de uma empresa de abastecimento de água [22]

### 3.3.4. Proteger o meio ambiente

A captação e tratamento de água também origina produção de resíduos, como se pode ver na Figura 23, que podem ser prejudiciais ao meio ambiente. As lamas de clarificação de água são um produto resultante do processo de tratamento de água para o consumo humano, é composto principalmente por água, por material sólido presente na água e por hidróxidos de coagulante utilizados no tratamento. Estas lamas são o resíduo

produzido em maior quantidade. Através do uso eficiente de água, a quantidade de água captada diminui, diminuindo também a quantidade de resíduos produzidos.

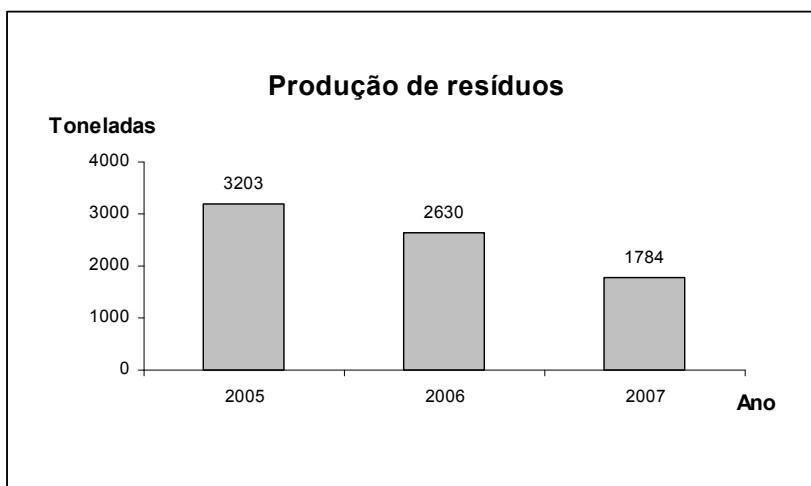


Figura 23. Produção de resíduos de uma empresa de abastecimento de água [22]

O uso eficiente da água, juntamente com a redução de poluentes, como pesticidas, pode ser uma forma de reduzir a poluição causada pelo uso excessivo de água e de rega. Através do uso eficiente de água, podem ser esperados alguns benefícios ambientais, tais como [21]:

- Redução da contaminação da água provocada por enxurradas, devido à rega excessiva das terras;
- Redução da necessidade de construir outras instalações de tratamento de água captada e de águas residuais;
- Redução da necessidade de construir mais barragens e albufeiras, preservando assim o fluxo natural dos rios e consequentemente os habitats da vida selvagem e áreas recreativas.

## **4. SOLUÇÕES PARA O USO EFICIENTE DE ÁGUA EM CAMPOS DE GOLFE**

Os campos de golfe devido aos seus grandes relvados têm consumos consideráveis de água, o que provoca impactos ambientais negativos. No entanto estes impactos podem ser minimizados através da implementação de medidas para o uso eficiente de água.

Existem diferentes maneiras de reduzir o consumo de água em campos de golfe. No entanto nem todas as maneiras são de fácil execução ou rentáveis.

De seguida, vão ser expostas três maneiras de reduzir o consumo de água potável nos campos de golfe.

### **4.1. Adequação do tipo de relva**

A relva é um elemento fundamental nos campos de golfe, pode-se mesmo dizer que, a escolha da espécie de relva mais adequada é talvez a decisão mais importante na qualidade futura do relvado. É por isso importante escolher as espécies de relva adequadas não só às áreas de jogo mas principalmente é necessário ter em conta as condições edafo-climáticas do local em causa para implantação do campo. As condições edafo-climáticas referem-se às características definidas através de factores do meio ambiente, tais como o clima, o relevo, a temperatura, a humidade do ar, a radiação, o tipo de solo, o vento, a composição atmosférica e a precipitação pluvial [23].

#### **4.1.1. Tipos de relva**

Existem diferentes espécies de relva, neste caso o metabolismo fotossintético é a característica com mais importância no que diz respeito a adaptação estacional, principalmente no que diz respeito à economia no uso de água e de azoto e na resistência a temperaturas extremas. De acordo com este metabolismo, existem duas espécies de relva,

as de metabolismo fotossintético do tipo C3 (denominadas relvas de frio/clima temperado) e as de metabolismo fotossintético do tipo C4 (denominadas relvas de calor)[8].

O que distingue estes dois tipos é a via fotossintética para a fixação do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Nas relvas tipo C3 esta via é apenas através do ciclo de Clavin-Benson, (Figura 25). Nas relvas tipo C4 a via é mais complexa, pois existe uma separação espacial entre a assimilação do  $\text{CO}_2$  e a fixação do mesmo através do mesmo ciclo (Figura 26).

A secção transversal das folhas destas duas plantas, como se pode ver nas Figura 24, são diferentes o que influencia, claro, a via fotossintética de cada planta.

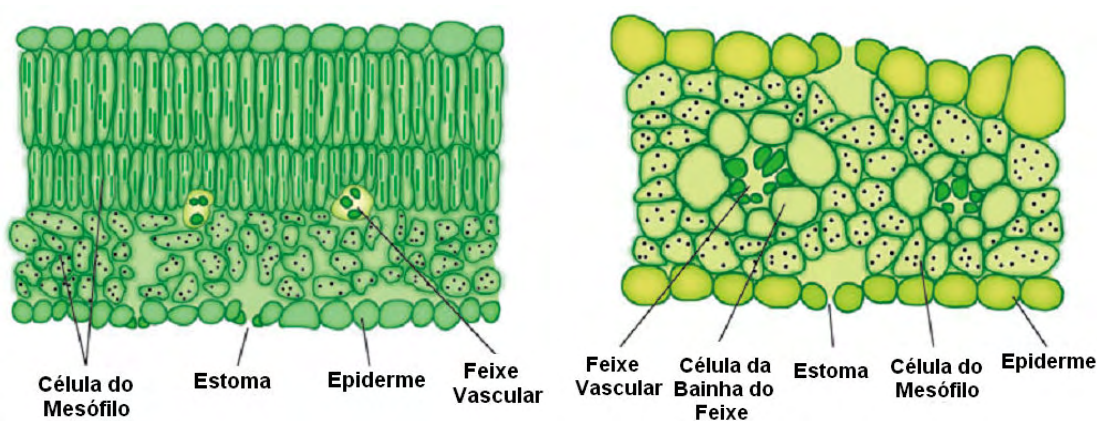


Figura 24. Secções transversais de uma folha C3 (esquerda) e C4 (direita) [24]

No ciclo de Calvin-Benson, a fixação do  $\text{CO}_2$  é efectuada através de uma via de 3 carbonos, que posteriormente em conjunto com ATP e NADPH produzem carboidratos que serão utilizados para o crescimento das plantas. A rubisco é a enzima que capta o  $\text{CO}_2$  para a posterior fixação do mesmo.

Nas plantas tipo C3, a rubisco além de captar  $\text{CO}_2$ , pode também captar oxigénio ( $\text{O}_2$ ), quando a concentração deste é elevada e a de  $\text{CO}_2$  baixa. A esta reacção, associada à absorção do  $\text{O}_2$  pelas folhas, chama-se Fotorrespiração. A planta, ao captar  $\text{O}_2$  em vez de  $\text{CO}_2$ , tem de lidar com a assimilação do  $\text{O}_2$ . Isto porque, ao entrar na planta, o  $\text{O}_2$  forma radicais livres que são destrutivos para o metabolismo da planta. Para se livrar do  $\text{O}_2$ , de modo a não causar danos sérios, o sistema tem de gastar uma quantidade razoável de energia e nutrientes, os quais poderiam ser utilizados para o crescimento da planta [24].

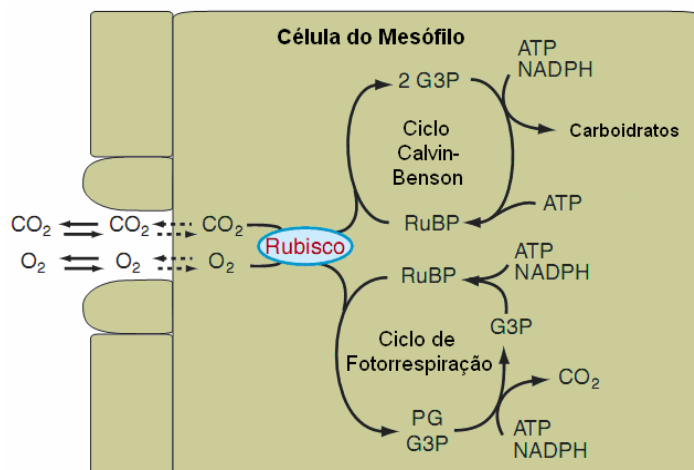


Figura 25. Via fotossintética plantas C3 [24]

Nas plantas C4, antes de entrar no ciclo de Calvin-Benson, existe uma série de reacções bioquímicas que convertem bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) numa sequência de ácidos que finalmente são convertidos de novo em  $\text{CO}_2$ , utilizado para produzir carboidratos através do ciclo de Calvin-Benson. Esta sequência de reacções é dividida espacialmente passando por duas células, célula do mesófilo e célula da bainha do feixe vascular. Na célula do mesófilo ocorre a carboxilação primária do  $\text{CO}_2$ , sendo o fosfoenolpiruvato (PEP) carboxilado a oxaloacetato (ácido com 4 carbonos) pela fosfoenolpiruvato carboxilase (PEP-C). Esta enzima só tem actividade carboxilativa, sendo assim a fixação de  $\text{CO}_2$  não é afectada pela presença de  $\text{O}_2$ , resultando por isso na assimilação de maiores proporções de  $\text{CO}_2$ . O oxaloacetato formado por acção da PEP-C é exportado da célula do mesófilo para a célula da bainha do feixe sendo descarboxilado, realizando o  $\text{CO}_2$  que é usado no ciclo de Calvin-Benson e formando piruvato (ácido com 3 carbonos). O piruvato vai para as células do mesófilo onde passa a PEP, fechando assim o ciclo [24]. Todo este processo pode ser visualizado na Figura 26.

As reacções que ocorrem na célula do mesófilo podem ser vistas como uma bomba. Aumentando a concentração de  $\text{CO}_2$  para dentro da célula da bainha do feixe e conservando as concentrações de  $\text{CO}_2$  suficientemente elevadas para saturar a rubisco em  $\text{CO}_2$  eliminando, ou reduzindo muito a fotorrespiração, reduzindo também aos gastos energéticos nela envolvidos [24].

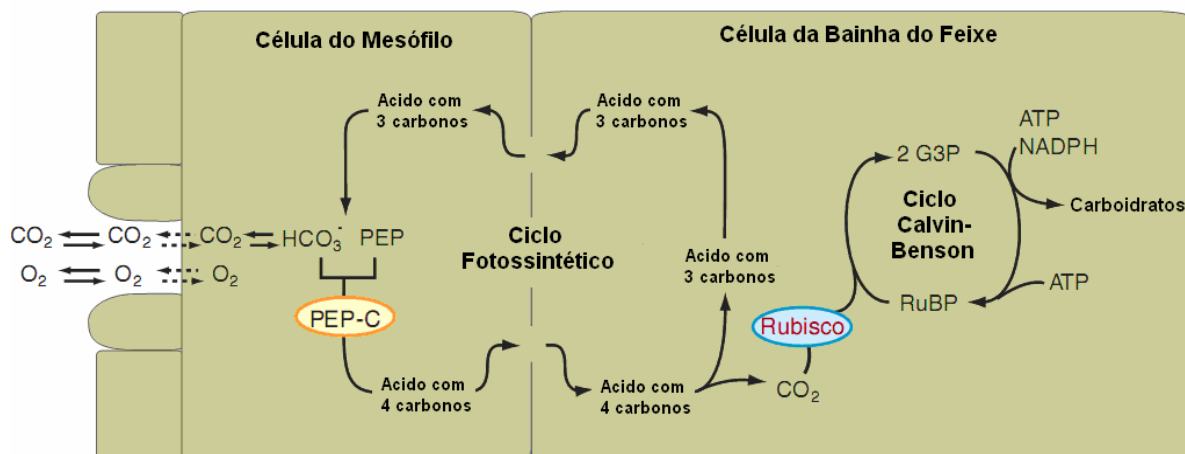


Figura 26. Via fotossintética plantas C4 [24]

#### 4.1.2. Características da relva

Existem algumas características a ter em atenção quando se escolhe uma espécie de relva para um campo de golfe. É importante tê-las em atenção para que o crescimento, e a qualidade da relva sejam boas e a manutenção da mesma não seja intensificada. De seguida vão ser abordadas algumas das características a considerar na escolha da relva, e na Tabela I em anexo é possível comparar a quantificação das características para algumas espécies de relvas [25].

##### Tolerância ao clima

O clima varia de local para local. É necessário, por isso, ter em conta esta característica na altura de escolher a relva para o campo. As relvas de climas frios e temperados são as de metabolismo C3, e o seu crescimento é óptimo em temperaturas que variam entre os 15 e 25°C. As relvas de metabolismo C4 são relvas de climas quentes, sendo o seu período de crescimento óptimo entre os 25 e os 35°C [9].

Pode-se dizer que as espécies tipo C3 encontram-se mais nas regiões temperadas e boreais, e as de tipo C4 em regiões tropicais e subtropicais [8].

##### Tolerância ao tráfego

Os campos de golfe são utilizados por pessoas que circulam nos seus relvados, para jogarem, pisando-o. Sendo assim, é importante que o relvado seja resistente ao pisoteio,



para que o mesmo não fique degradado rapidamente, pois caso isso aconteça será necessário efectuar uma recuperação do mesmo, o que implica a interdição e custos suplementares na manutenção do campo.

#### Tolerância à sombra

Nos campos de golfe nem todas as zonas se encontram ao sol, sendo assim é importante que o tipo de relva colocado nesses locais seja adequada.

Pode-se dizer que as relvas de tipo C3 têm uma melhor tolerância a sombra do que as relvas C4, as quais têm um melhor desenvolvimento em altas intensidades luminosas.

Enquanto as espécies C3 funcionam bem entre 400 a 500  $\mu\text{moles de fotons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , as espécies C4 podem funcionar em intensidades de luz maiores do que 2000  $\mu\text{moles de fotons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  [26].

#### Tolerância a salinidade

Todas as águas têm uma certa quantidade de sais (salinidade). A relva ao ser regada fica em contacto com esses sais, podendo sofrer danos graves. É importante por isso escolher um tipo de relva que tolere a salinidade da água de rega desse local.

A localização do campo de golfe também influencia a escolha do tipo de relva no que diz respeito a salinidade. É por isso necessário estudar a salinidade do solo onde se situará o campo de golfe, para que a relva a lá colocar não seja afectada pelo nível de salinidade do solo.

### 4.1.3. Eficiência do uso da água nas relvas C3 e C4

Além de todas as características atrás mencionadas, é importante também que a relva seja eficiente no uso da água.

Como já foi dito anteriormente nas espécies C3 além da fixação de carbono, a rubisco tem também uma actividade de oxigenação – Fotorrespiração. A proporção de fotorrespiração aumenta com temperaturas elevadas e altas intensidades de luz. Sob estas condições as plantas minimizam a abertura dos seus estomas num esforço de reduzir a perda de água pelas folhas, o que provoca uma redução da concentração interna de  $\text{CO}_2$ . Nas plantas C4 esta redução não acontece, isto devido ao mecanismo concentrador de  $\text{CO}_2$

que provoca a saturação da rubisco, podendo assim a planta diminuir a sua abertura dos estomas e reduzir a taxa de transpiração.

Nas mesmas condições, as espécies C4 podem reduzir a sua transpiração enquanto fixam CO<sub>2</sub> em proporções iguais ou superiores as C3. Como resultado, o uso eficiente de água em plantas C4 pode ser duas vezes mais do que em plantas C3 à temperatura de 25°C. Além disto, as proporções de carbono assimiladas pelas plantas C4 podem ser mantidas em condições de elevado stress hídrico [24].

A maior eficiência no uso da água das plantas C4 não quer dizer que a sua resistência à seca seja obrigatoriamente maior do que nas plantas C3. No entanto existem indicações que isso é o que acontece [26].

## 4.2. Utilização de substratos

A adequação do solo é uma medida importante para a redução dos consumos de água num campo de golfe. Esta adequação é efectuada através da aplicação de substratos no solo que aumentem a capacidade de absorção de água das raízes. Este sempre foi um objectivo desejável, principalmente quando existem situações em que a precipitação natural é insuficiente.

A ecoespuma é um substrato que permite a poupança de água e ainda favorece o crescimento da relva. Este substrato tem vindo a ser muito utilizado para a adequação do solo não só em campos de golfe mas também em campos de futebol, ténis e outros campos desportivos com relva [27].

### 4.2.1. A Ecoespuma

A ecoespuma é um produto resultante da mistura de uma resina (urea melanine formaldehído) com um coagulante, sob a pressão de 5 bares. Esta mistura resulta numa substância esponjosa e leve, com uma densidade de 22 a 30kg/m<sup>3</sup>. Este produto foi desenvolvido pelo departamento de investigação da Aqua Resins Technologies.

Este substrato é destinado para melhorar as propriedades físicas dos solos, principalmente no que diz respeito a capacidade de retenção de água e dos nutrientes dissolvidos na mesma. A ecoespuma é um produto biodegradável que tem uma duração média de 10 anos, e durante esse período este substrato não perde as suas qualidades [27].

### 4.2.2. Utilidade

A ecoespuma, como já foi dito anteriormente, aumenta a capacidade de reter água e de absorção dos nutrientes nela dissolvidos não só dos solos como também das raízes.

Através da aplicação de ecoespuma no solo são criadas situações vantajosas para o crescimento das raízes devido à maior disponibilidade não só de água e nutrientes, como foi dito anteriormente, mas também de ar. A ecoespuma é capaz de reter 60% do seu volume total em água, permitindo assim uma melhor gestão deste recurso pois ao ficar

retida, a relva tem a possibilidade de a utilizar melhor e existe uma redução das perdas por evaporação.

A utilização deste produto diminui a compactidade dos solos, nomeadamente em situações onde o pisoteio é intenso, o que permite um maior arejamento das raízes [28].

A utilização da ecoespuma também proporciona melhor qualidade do relvado, permitindo encurtar o período de germinação e o de estabelecimento da superfície de jogo, com benefícios quer económicos, quer ambientais [28].

#### 4.2.3. Modo de actuação

A ecoespuma é um produto que actua directamente no solo, principalmente da zona das raízes da relva (Figura 27). Através da sua estrutura aumenta a quantidade de poros nestes locais, permitindo a absorção de mais água, e por sua vez mais nutrientes também. A maior quantidade de poros permite ainda um maior arejamento das raízes, o que é fundamental para a saúde dos relvados.



Figura 27. Aspecto da ecoespuma nas raízes

Através da divulgação de ensaios já realizados por vários órgãos, é possível verificar que:

- O teor de humidade do solo é maior quando é utilizada a ecoespuma – existe aumento da retenção de água de quase o dobro [28];

- A germinação da relva no solo com ecoespuma é significativamente mais rápida – como se pode ver nas Figura 28 as zonas de sementeira onde foi aplicada a ecoespuma a percentagem de solo coberto é superior [28];
- O desenvolvimento radicular é superior nas zonas onde se faz aplicação da ecoespuma – como se pode ver na Figura 29 existe uma maior densidade de raízes, raízes mais espessas e fortes (maior resistência no arranque do tapete) e raízes mais profundas no tapete onde foi aplicada a ecoespuma do que no sem ecoespuma [28].



Figura 28. Germinação de relva com (esquerda) e sem (direita) aplicação de ecoespuma



Figura 29. Desenvolvimento radicular em tapetes com (esquerda) e sem (direita) ecoespuma

#### 4.2.4. Tipos de aplicação

A ecoespuma pode ser aplicada nos campos de golfe, através de máquinas especiais, de dois modos diferentes. Através da injeção, na renovação de campos de golfe existentes, ou por camadas, na construção de novos campos de golfe.

Existem locais em que o equipamento que faz a aplicação da ecoespuma não consegue alcançar e por isso este produto está disponível também em flocos, sendo fornecido em sacos. Esta vertente do produto permite efectuar uma aplicação mais localizada, e em locais de difícil acesso.

##### 4.2.4.1. Injecção

A aplicação de ecoespuma através da injeção da mesma (Figura 30) é ideal para a recuperação de relvados em que a relva tem um deficiente crescimento e em que o solo se encontra compactado.

A injeção de ecoespuma duplica a área de superfície para que a água e o ar alcancem a zona das raízes. Ao cair água numa fenda com ecoespuma, a mesma é rapidamente absorvida e espalha-se lateralmente no solo [29].



Figura 30. Aplicação de ecoespuma por injeção

Através da aplicação da ecoespuma por injeção os campos podem continuar a ser utilizados, ficam apenas restritos no próprio dia, e no dia seguinte em que esta é aplicada.

A aplicação da ecoespuma por injeção consiste em, com uma máquina própria efectuar frisos no solo entre 4 a 6 cm de profundidade, nos quais é injectada automaticamente a espuma. Por dia é possível efectuar a injeção em 1,5 hectares, e no dia seguinte é passado um rolo no mesmo local para que o solo seja restaurado, removendo as fendas que podem ser perigosas. Após a passagem do rolo o campo pode ser utilizado sem problema. É possível, na Figura 31, ver as várias fases da aplicação da ecoespuma por injeção [30].

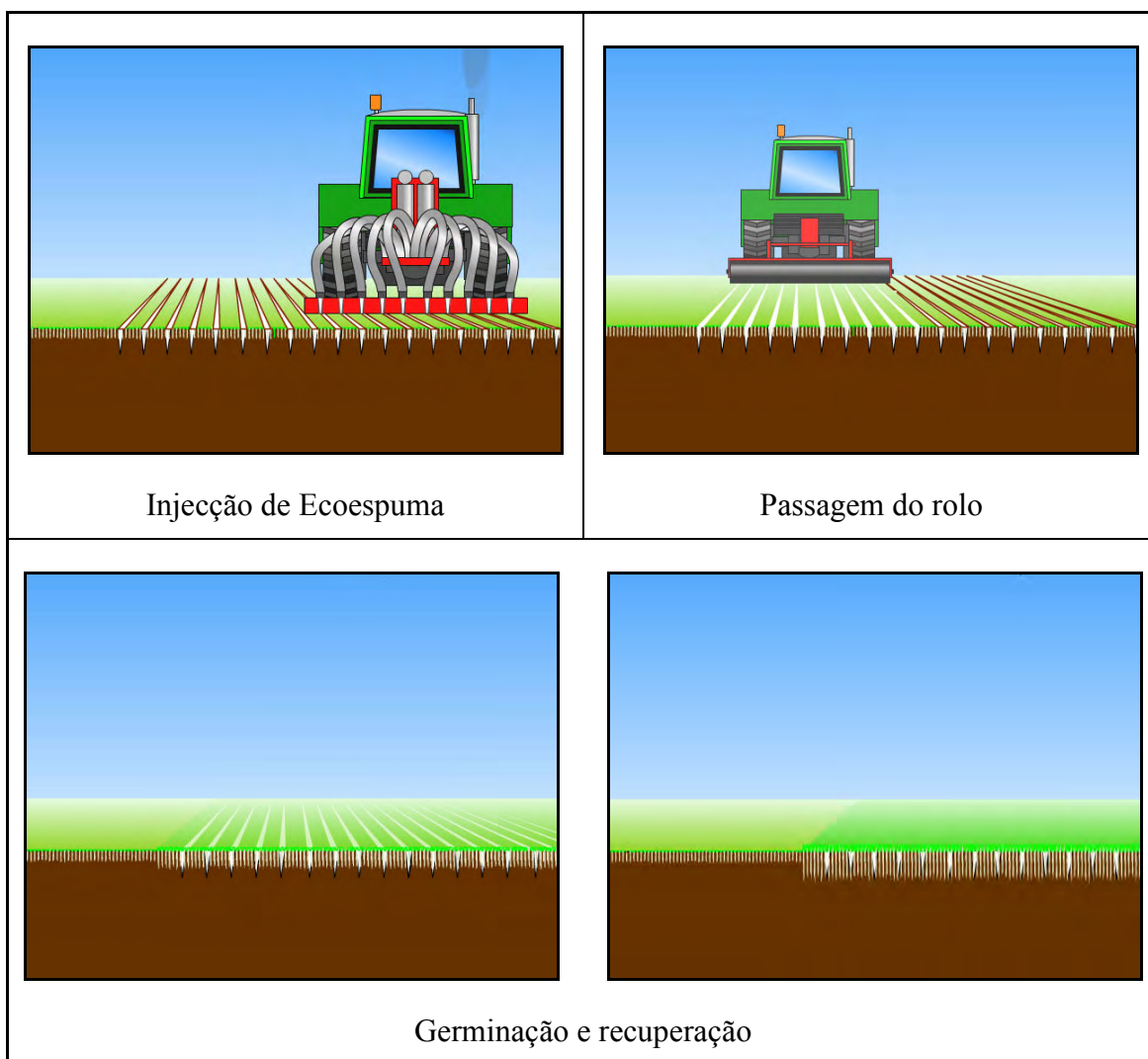


Figura 31. Fases da aplicação de ecoespuma por injeção



A recuperação do relvado é rápida, como se pode ver na Figura 32, 16 semanas após a injeção da ecoespuma a relva esta maior e com melhor qualidade [31].



Figura 32. Parque Melbourne – à esquerda ecoespuma injectada; à direita 16 semanas mais tarde

#### 4.2.4.2. Camadas

A aplicação de ecoespuma por camadas (Figura 33) é utilizada normalmente na construção de novos campos de golfe. É ideal para melhorar o estabelecimento da relva, aumentar a retenção de água e nutrientes na zona das raízes e reduzir a futura compactação do solo [29].



Figura 33. Aplicação de camada de ecoespuma



A aplicação da camada de ecoespuma é efectuada também utilizando uma máquina própria sobre a superfície previamente preparada antes de ser efectuada a sementeira da relva. A camada de ecoespuma aplicada é de 2 a 3cm. Após a aplicação do produto é necessário esperar que o mesmo endureça, o tempo de endurecimento depende das condições climáticas, o tempo mínimo são 24 horas. Estando a ecoespuma endurecida, a mesma pode ser incorporada no solo, e depois a relva pode ser semeada e regada. Na Figura 34 é possível ver as várias fases da aplicação da ecoespuma por camadas [32].

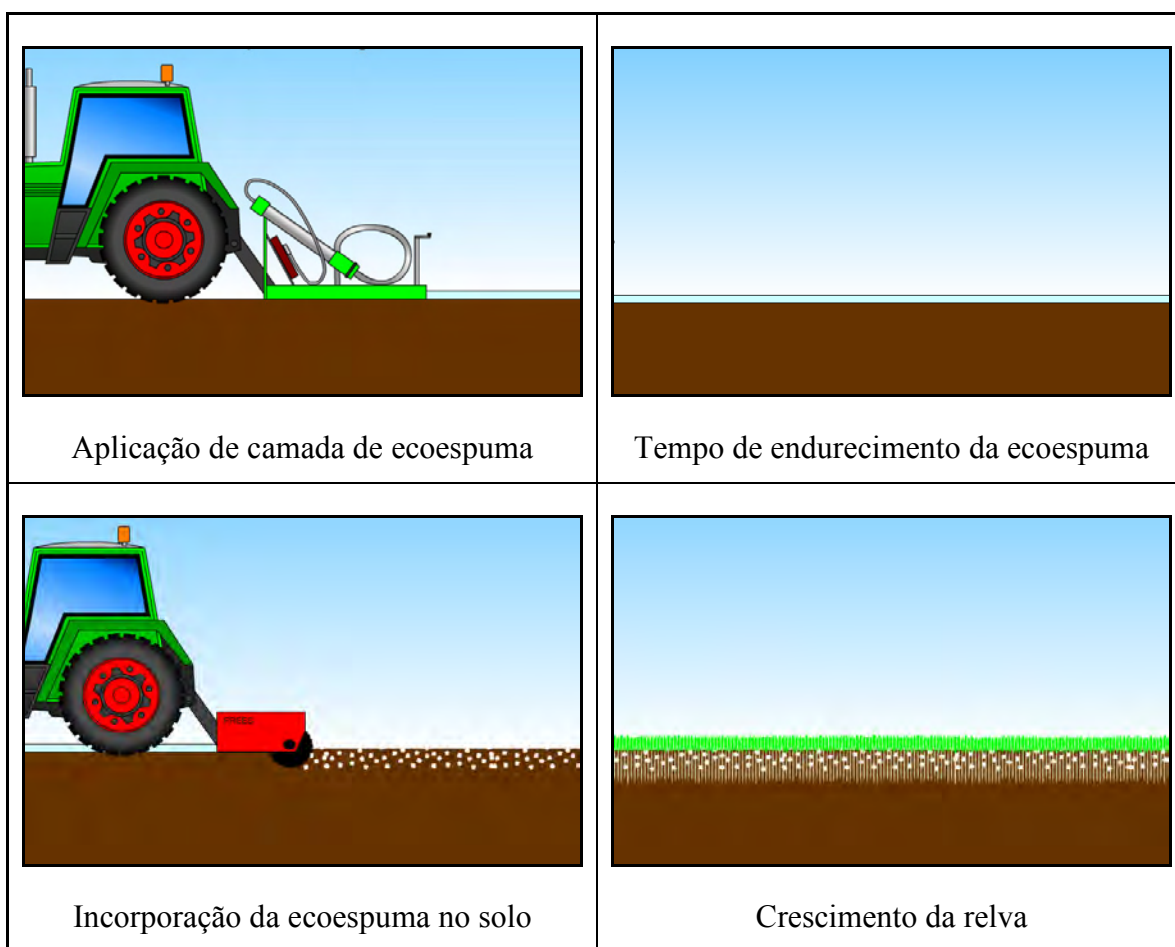


Figura 34. Fases da aplicação de ecoespuma por camadas

As áreas de jogo ficam prontas para jogar mais cedo, pois a relva estabelece-se rapidamente e tem um crescimento mais uniforme com a utilização da ecoespuma. Como se pode ver na Figura 35, após 3 meses o crescimento foi excelente, e o campo pode ser utilizado [31].



Figura 35. Parque Tunks no Norte de Sydney – à esquerda ecoespuma estabelecida; à direita 3 meses depois

#### 4.2.5. Vantagens

A aplicação de ecoespuma traz vantagens para o proprietário do campo de golfe. Desde a redução de custos no que diz respeito a quantidade de água e fertilizantes utilizados, até a uma melhoria do seu campo de golfe devido ao melhor desenvolvimento da relva, logo melhores relvados e por isso mais utilizadores do seu campo.

##### Menos irrigação

A ecoespuma melhora capacidade de o solo absorver água e de a manter. Através da utilização da ecoespuma a redução do consumo de água pode reduzir 40%, uma vez que a retenção de água no solo é maior, é necessário efectuar menos regas. Além da quantidade de água que se gasta ser menor, também os custos relacionados com este bem são menores, podendo o proprietário economizar cerca de 40% sobre a totalidade do custo de rega durante o tempo de vida útil do produto ( $\approx 10$  anos) [31].

##### Menos fertilizantes

A ecoespuma não é um adubo, mas permite que a utilização de fertilizantes nos relvados seja menor.

Os nutrientes são absorvidos na estrutura de células abertas da ecoespuma e são libertados gradualmente, reduzindo a lixiviação dos fertilizantes.

A utilização de menos fertilizantes é também favorável para o ambiente, pois permite uma menor poluição do mesmo. A lixiviação de fertilizantes provoca a poluição das linhas de água, pois de uma maneira ou de outra eles acabam por ir lá parar [31].

#### Menos manutenção

A compactação é um dos principais inimigos na saúde dos relvados, isto porque com um solo compactado é mais difícil a água, os nutrientes e o ar alcançarem a zona das raízes, o que provoca a morte da relva.

Existem soluções para a descompactação do solo, como efectuar furações no mesmo, as quais vão permitir que as raízes respirem e que a água e nutrientes as alcancem.

A utilização da ecoespuma é também uma solução, pois este produto provoca uma redução da compactação das raízes. Ao reduzir a compactação do solo permite também reduzir o número de descompactações a efectuar, ou seja, é necessário uma menor manutenção do relvado [31].

#### Melhoria da tolerância à seca

A ecoespuma aumenta o volume raiz através de uma maior aeração do solo e retenção de água. Estes factores permitem uma melhor gestão da água pois ao ficar retida, a relva tem a possibilidade de a utilizar melhor. Por isso a ecoespuma irá sempre fazer melhor uso de qualquer gota de água que caia, e a recuperação da relva será mais rápida quando as chuvas chegarem [31].

### **4.3. Utilização de águas residuais tratadas (ART)**

#### **4.3.1. Generalidades**

Reutilizar a água é uma medida importante para a conservação da água, não só porque o efluente tratado é utilizado como um recurso hídrico, como também, o efluente não é descarregado nos meios receptores, o que implica uma redução da poluição das águas superficiais e subterrâneas.

Actualmente, existem meios que permitem que as águas residuais sejam tratadas até elevados níveis de qualidade, isto permite que os efluentes deixem de ser rejeitados no meio receptor e passem a ser considerados como mais um recurso hídrico [33].

A utilização de águas residuais tratadas é mais usual na rega, não só por ser uma actividade com grandes consumos de água, mas também por ser mais fácil compatibilizar as características dos efluentes provenientes das estações de tratamento com as exigências de qualidade para os diferentes tipos de rega [33].

Os campos de golfe com os seus grandes relvados são grandes consumidores de água, é por isso natural que se pense na reutilização de águas residuais tratadas para a rega de campos de golfe.

A norma NP 4434 contém algumas linhas de orientação para a utilização de águas residuais tratadas. Esta norma estabelece os requisitos de qualidade das águas e define os critérios de escolha dos equipamentos e processos de rega, os procedimentos a adoptar na execução da rega e na protecção e monitorização ambiental nas zonas regadas com ART. Esta norma apenas se aplica à reutilização de águas residuais urbanas, excluem-se as águas residuais industriais ou provenientes de instalações agrícolas ou agro-industriais, sujeitas a tratamento em ETAR [10].

Existe também a Recomendação IRAR n.º 02/2007, desenvolvida pelo Instituto Regulador de Águas e Resíduos relativa à produção e distribuição de águas residuais tratadas, de forma a promover a sua utilização e proteger a saúde pública e o ambiente, esta recomendação é dirigida as entidades gestoras dos sistemas multimunicipais e municipais de saneamento de águas residuais tratadas [33].

### 4.3.2. Condições de utilização de ART

#### 4.3.2.1. Possibilidade de ser usada na rega de campos de golfe

Nem todas as culturas podem ser regadas com águas residuais tratadas, exemplo disso são os legumes cujas partes comestíveis estão em contacto directo com o solo. Além disso, os níveis de qualidade da ART não são iguais para todas as culturas, umas são mais susceptíveis de contaminação do que outras. Sendo assim, na NP 4434 as culturas são agrupadas em quatro classes, de acordo com o nível de contaminação microbiológica gerada pela rega com ART:

- Classe A - Culturas hortícolas para consumo em cru.
- Classe B - Relvados, parques e jardins públicos e relvados para a prática de desportos, zonas florestadas com fácil acesso para o público.
- Classe C - Culturas hortícolas para consumir cozinhadas, culturas forrageiras e pratenses, vinha e pomares.
- Classe D - Culturas cerealíferas (com exclusão do arroz, por ser regado por alagamento), Culturas hortícolas para laboração industrial, Culturas destinadas à produção de matérias-primas para as indústrias têxtil, de extracção de óleos e essências vegetais e similares, Culturas florestais e Relvados situados em locais de difícil acesso para o público ou com acesso controlado.

Os campos de golfe estão inseridos na classe B, pois podem se classificar como grandes relvados para a prática de desporto. De acordo com esta classificação pode-se dizer que a rega de campos de golfe pode ser efectuada com ART, desde que a qualidade microbiológica desta água e o tratamento da mesma seja efectuado de acordo com o que está representado na Tabela 3.

Tabela 3. Qualidade microbiológica das águas residuais tratadas para reutilização em rega para os campos de golfe e o esquema de tratamento adequado

Classes	Tipos de culturas	Coliformes fecais	Ovos de parasitas entéricos	Tratamento apropriado	Notas
B	Campos de golfe	200 (NMP ou ufc/100ml)	1 (ovos/l)	Secundário ↓↓ Filtração ↓↓ Desinfecção OU Terciário ↓↓ Filtração ↓↓ Desinfecção	Desinfecção por UV (lâmpadas com auto-limpeza ou O <sub>3</sub> preferíveis à cloração. A rega deve ser efectuada de modo a evitar contacto com o público.
Nota: ufc - unidades formadoras de colónias					
Fonte: Adaptado de NP 4434					

#### 4.3.2.2. O que é necessário

De acordo com a Recomendação IRAR n.º 02/2007, um projecto de utilização de ART deve ter por base um adequado estudo técnico, económico, ambiental e social, dando maior importância à procura potencial do produto para que o projecto seja económica e financeiramente sustentável.

É também importante que durante o estudo e a implementação de projectos de reutilização seja assegurada atempadamente a sensibilização e informação de forma clara e esclarecedora do público-alvo.

Para a utilização de ART são necessárias as seguintes licenças/autorizações:

- Licença de descarga da ETAR;
- Autorização da Administração de Região Hidrográfica (ARH) para a rega de campos de golfe mediante o parecer favorável do Delegado Regional de saúde (artigo 58º do DL n.º 236/98, de 1 de Agosto);
- Independentemente da existência de regulamentação específica, devem ser sempre consultadas a ARH e a autoridade de saúde competente (a Direcção-Geral de Saúde é competente quando estejam em causa aspectos normativos e regulamentadores. Em questões de licenciamento, as entidades intervenientes são o Delegado Regional de Saúde em articulação com o Delegado Concelhio de Saúde).

### 4.3.3. Produção de ART

A produção das ART é efectuada pelas ETAR. As águas produzidas pelas ETAR podem ser produzidas com um nível de qualidade inferior ao pretendido, isto porque inicialmente a produção das águas residuais nas ETAR seriam para descarga no meio receptor. Estes parâmetros de descarga são exigidos pelo Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho (com redacção no Decreto-Lei n.º 149/2004, de 22 de Junho).

O cumprimento dos parâmetros de descarga no meio receptor poderá não ser suficiente para assegurar a qualidade necessária à utilização das águas residuais tratadas, sendo por isso fundamental efectuar uma afinação no tratamento, de forma a cumprir os parâmetros de qualidade adequados ao fim em causa, bem como um controlo da qualidade de água mais exigente. Esta afinação do tratamento, de acordo com a Recomendação IRAR n.º 02/2007, deve ser assegurada pela entidade gestora da ETAR, onde poderão ser implementadas linhas distintas de afinação de tratamento dedicadas a usos que exigem níveis de qualidade diferentes.

Sempre que os utilizadores pretendam níveis de qualidade mais exigentes, a afinação do tratamento poderá ser efectuada pelos próprios.

#### 4.3.3.1. Qualidade das águas residuais tratadas para a rega

No que diz respeito à qualidade das ART para a rega, a norma NP 4434 diz que devem ser cumpridas as exigências impostas pela legislação, nomeadamente o Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto. Este decreto estabelece limites para os parâmetros que possam criar potenciais riscos ambientais na utilização de ART na rega. Em anexo encontram-se três quadros referentes à qualidade das águas destinadas á rega, para as características físico-químicas com potencial risco ambiental (Tabela II), para características físico-químicas com potencial risco agronómico (Tabela III) e para características microbiológicas (Tabela IV) [34].

O tratamento das águas residuais para a rega deve cumprir estes requisitos.

#### 4.3.4. Características do local a regar

A possibilidade de utilizar ART para a rega depende também do local onde se quer implementar este produto. É necessário ter em atenção algumas características do local a regar, desde características físicas ou químicas até a distância em que o mesmo se encontra em relação a zonas habitacionais ou origens de água. A norma NP 4434:2005 estabelece essas características, as quais serão resumidas em seguida.

##### 4.3.4.1. Características físicas do solo

A textura, estrutura, profundidade, permeabilidade, capacidade de retenção de água e condutividade hidráulica são características do solo que devem ser compatíveis com a sua utilização em regadio.

##### 4.3.4.2. Características químicas do solo, em especial o teor de metais pesados

Algumas características químicas do solo são importantes para permitir a irrigação, principalmente do ponto de vista da fertilidade: pH, salinidade, capacidade de troca catiónica, nutrientes, matéria orgânica e a percentagem de sódio trocável. Estas características são controláveis. No entanto o teor de metais no solo influencia a opção de utilizar ART na rega. Os solos com elevado teor de metais pesados podem ser excluídos da irrigação com águas residuais urbanas tratadas, de acordo com a NP 4434. Solos que apresentam teor de metais pesados superior ao permitido para os solos sujeitos à aplicação de lamas não são aceitáveis para a irrigação com efluentes tratados. Os valores máximos admitidos para estes solos estão presentes na Portaria n.º176/96 de 3 de Outubro, e apresentam-se também na Tabela 4.



Tabela 4. Valor máximo admissíveis para concentrações de metais pesados nos solos a regar com águas residuais tratadas (mg/kg solo seco)

Metal	pH do solo		
	<5,5	5,5 a 7,0	>7,0*
Cádmio (Cd)	1	3	4
Chumbo (Pb)	50	300	450
Cobre (Cu)	50	100	200
Crómio (Cr)	50	200	300
Mercúrio (Hg)	1	1,5	2
Níquel (Ni)	30	75	110
Zinco (Zn)	150	300	450
*Não aplicável para culturas destinadas a consumo humano ou pastagens. Para estes casos aplicam-se os valores referentes aos solos com pH entre 5,5 e 7,0			
Fonte: NP 4434			

#### 4.3.4.3. Topografia

No que diz respeito a topografia é necessário ter em atenção o declive do terreno a regar com ART e é também importante que o terreno não se encontre em zonas sujeitas a inundações frequentes. O local a regar não deve apresentar um declive superior a 20%, isto para evitar a erosão do solo e enxurradas, e consequentemente risco de contaminação das águas superficiais. Alguns métodos de rega exigem declives mais baixos, chegando mesmo a 3%, de acordo com a NP 4434 (Tabela 5).

Tabela 5. Declives máximos do terreno para diferentes tipos de rega

Método de rega	Processos e tipos de rega	Declive
E scorrimento	Regadeiras de nível	3%
	Regadeiras inclinadas	8%
	Faixas	7%
Infiltração	Sulcos rectos	3%
	Sulcos de nível	8%
Aspersão	Com equipamento semovente	15%
Fonte: NP 4434		

#### 4.3.4.4. Vulnerabilidade hidrogeológica

A rega com águas residuais tratadas não deve ser realizada ao longo de solos classificados como hidrologicamente vulneráveis, ou seja, solos com alto risco de infiltração e percolação de águas superficiais.

Em terrenos com solos sobrejacentes a aquíferos existentes em subsolos de natureza aluvionar ou em rochas carbonatadas com elevado grau de fissuração (solos cárscicos) não devem ser criadas instalações de rega com ART.

A profundidade do nível freático também é um aspecto importante a ter em consideração para rega com ART. Durante a irrigação a profundidade do nível freático deve estar mais profundo que 1 a 4 metros, dependendo do método de rega utilizado (Tabela 6).

Tabela 6. Profundidade do nível freático durante a rega com ART

Método de rega	Processos e tipos de rega	Profundidade do nível freático (m)
Infiltração	Gota-a-gota superficial	1,0
	Gota-a-gota subterrânea	1,5
	Rega subterrânea	4,0
Aspersão	-	3,0
	Mini aspersão	1,5
Escorrimento	Sulcos	4,0
Fonte: Adaptado de NP 4434		

#### 4.3.4.5. Distância a zonas habitadas e a origens de água

A distância a adoptar entre as zonas regadas ou de armazenamento de ART e as zonas habitacionais e de origem de água são um aspecto também a ter atenção para a utilização de ART. Estas distâncias dependem do método de rega e do tratamento das águas residuais a serem utilizadas. A NP 4434 recomenda as distâncias da Tabela 7.

Em situações em que existam captações de água de abastecimento público mas proximidades deve ser garantida uma distância mínima de 100m às zonas de rega com

ART, sem detrimento da legislação em vigor, o DL n.º 382/99 de 22 de Setembro, que estabelece as normas e os critérios para a delimitação de perímetros de captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público.

Tabela 7. Distância mínima desde a zona de rega até à zona com ocupação humana

Método de rega	Tipo de zona habitada	Concentração de califormes fecais nas águas residuais tratadas (CF/100ml)		
		$\leq 2 \times 10^2$	$2 \times 10^2 - 10^3$	$\geq 10^3$
Aspersão	Habitações isoladas	30m	60m	70m
	Zonas habitacionais	50m	80m	100m
Outros métodos	Habitações isoladas	10m	20m	30m
	Zonas habitacionais	30m	60m	70m
Nota: Para rega gota-a-gota não são exigidas distâncias mínimas				
Fonte: NP 4434				

#### 4.3.5. Distribuição de ART

A distribuição de ART para reutilização pode ser efectuada directamente pela entidade gestora da ETAR ou por terceiros através de procedimentos concursais, que deverão dar especial atenção à salvaguarda dos interesses do conjunto de potenciais utilizadores finais sobre os quais impendam obrigações legais de utilização de águas residuais tratadas.

A distribuição do efluente tratado deve ser efectuada através de uma rede de distribuição específica com traçado definido em função aos pontos de consumo. Esta rede deve ser objecto de cuidados específicos. Isto para que não aconteça a utilização indevida desta rede por parte da população e a contaminação da rede de abastecimento de água para consumo humano. A clara identificação, afastamento entre tubagens de redes diferentes e a limitação de acessos à rede de distribuição de ART são cuidados que devem ser tidos em consideração no traçado da rede de distribuição. Outro ponto a ter em consideração na rede de distribuição deste recurso é o tempo de retenção nas condutas da ART, de modo a evitar a deterioração da qualidade da água.

Os pontos de entrega de ART aos utilizadores devem ser acordados claramente, isto para que nesses pontos sejam colocados instrumentos de medição de modo a que haja um controlo das ART consumida.

A ART pode ser distribuída também através de meios móveis os quais poderão pertencer à entidade gestora ou a terceiros. Quando isto acontece os utilizadores deverão possuir locais de armazenamento para a água [33].

#### **4.3.5.1. Identificação das tubagens**

As tubagens do sistema de distribuição de ART devem ser identificadas de forma clara ao longo de todo o sistema. A identificação deve ser realizada utilizando uma única cor, marcação e etiquetagem. Um exemplo desta identificação pode ser através de um tubo de cor roxo, ou tubo com outra cor com uma barra de cor roxo onde deve estar escrito “ÁGUA RECICLADA, NÃO BEBER”, em lados opostos do tubo (Figura 36). Esta identificação deve ser utilizada para diferenciar as condutas de água reciclada das condutas de água potável (azul) e gasodutos (amarelo) [35].

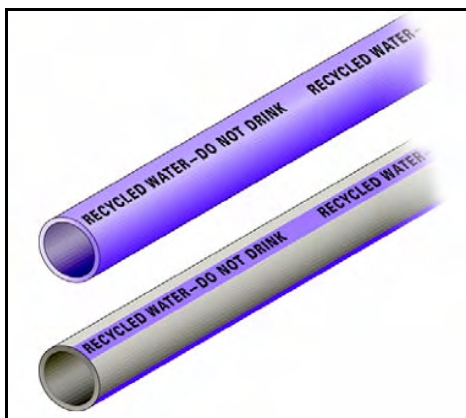


Figura 36. Exemplo de identificação de tubagens para ART

#### **4.3.5.2. Distância entre tubagens**

Para prevenir a contaminação das águas próprias para consumo, deve ser definida uma distância mínima, horizontal e vertical, entre as tubagens de ART e as tubagens de

água potável. A lei portuguesa apenas se refere a distâncias mínimas entre tubagens dispostas independentemente da sua posição. No que diz respeito a distâncias horizontais poderão ser seguidos, por exemplo, os valores de referência utilizados em São Francisco, no estado da Califórnia, dos EUA.

Nos contadores das diferentes redes deve também existir uma distância mínima, horizontalmente, de separação entre as duas redes [35]. Esta distância não deve ser inferior a 3 metros, de acordo com o que se pode ver na Figura 37.

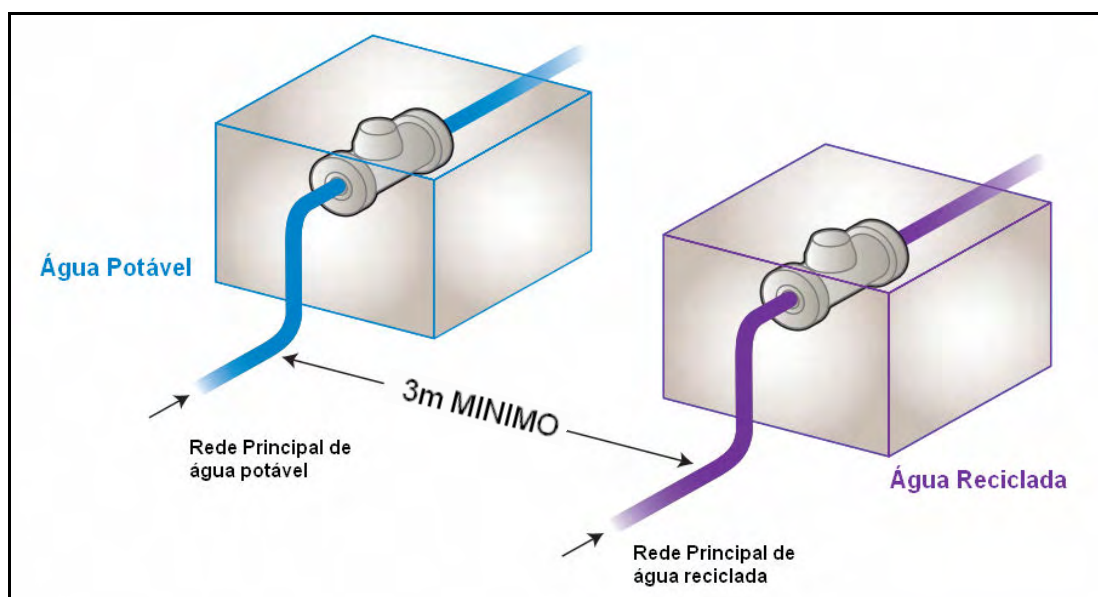
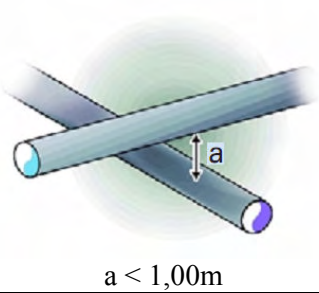
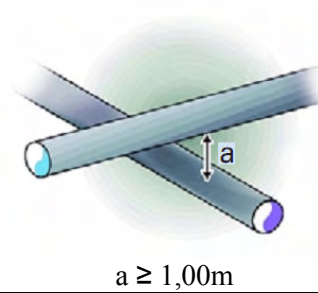




Figura 37. Distância entre contadores de redes diferentes

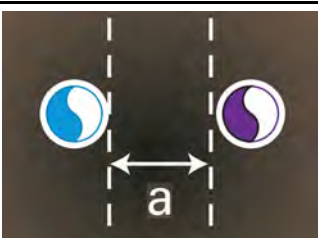
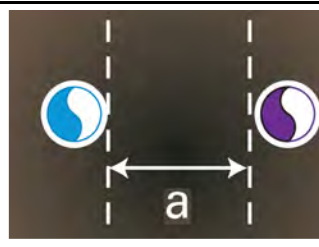
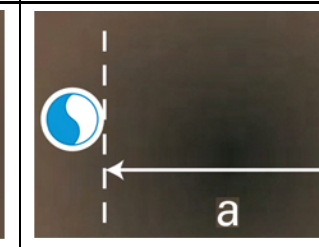


No que diz respeito à distância vertical entre tubagens, o Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto, diz que a implantação das condutas de água potável deve ser feita num plano superior ao dos colectores de águas residuais a uma distância não inferior a 1 metro, de forma a garantir protecção eficaz contra possível contaminação, devendo ser adoptadas protecções especiais em caso de impossibilidade daquela disposição. Sendo assim pode-se dizer que a implantação de condutas de ART deve ser num plano inferior às condutas de água potável e superior ao colectores de águas residuais, sendo a distância entre estes no mínimo de 1 metro. Se não for possível, devem ser adoptadas protecções especiais (Tabela 8).

Tabela 8. Distância vertical mínima entre tubagens

Permitido Necessidade de protecções especiais	Sem restrições
 $a < 1,00\text{m}$	 $a \geq 1,00\text{m}$
Legenda:  Água Potável  Água Reciclada	

No que diz respeito à distância horizontal mínima entre tubagens, não é permitida a instalação de tubagens de ART a menos de 1,20 metros das tubagens de água potável. Tubagens que se encontrem entre 1,20 e 3,00 metros de distância necessitam de protecções especiais. A partir dos 3m de distância entre tubagens de redes diferentes já não existe qualquer restrição (Tabela 9) [35].

Tabela 9. Distância horizontal mínima entre tubagens

Não é permitido	Permitido Necessidade de protecções especiais	Sem restrições
 $a < 1,20\text{m}$	 $1,20\text{m} < a < 3,00\text{m}$	 $a > 3,00\text{m}$
Legenda:  Água Potável  Água Reciclada		

#### 4.3.6. Armazenamento

O armazenamento de ART, por parte dos utilizadores, pode ser indispensável quando o abastecimento não é efectuado através da rede de distribuição e sim por meios de transporte móveis (camião-cisterna) [33].

Efectuar o armazenamento de água pode também ser efectuado quando o abastecimento é realizado através da rede de distribuição, nesta situação o reservatório será o ponto de armazenamento de ART proveniente da ETAR durante o dia para que durante a noite esta seja utilizada na rega. Muitas vezes este armazenamento é também indispensável pois não é possível efectuar a rega com água obtida directamente da rede.

O armazenamento de ART pode ser efectuado em reservatórios abertos ou fechados, cada tipo tem problemas associados, os quais devem ser controlados para que a qualidade da ART seja assegurada.

Sempre que exista armazenamento de ART, seja em reservatórios abertos ou fechados, ou até mesmo em lagos, esta situação tem de ser devidamente sinalizada, como se pode ver na Figura 38.



Figura 38. Sinalização do armazenamento de ART

#### **4.3.6.1. Reservatórios abertos**

Os principais problemas associados ao armazenamento de água em reservatórios abertos são [36]:

- Liberação de odores, principalmente gás sulfídrico;
- Estratificação provocada pela temperatura;
- Eventualmente perda de cloro residual livre;
- Baixos teores de oxigénio dissolvido, provocando odores e mortandade de seres vivos;
- Crescimento excessivo de algas e de fitoplâncton;
- Níveis elevados de turvação e cor;
- Repovoamento de microrganismos;
- Deterioração da qualidade da água devido a presença de um número excessivo de aves e roedores.

Existem algumas soluções que poderão ser adoptadas e aplicadas para resolver os problemas anteriormente mencionados, resultantes do armazenamento de ART [36].

A aplicação de sistemas de arejamento/destratificação é a solução mais eficiente pois resolve dois problemas, o da falta de oxigénio, mantendo as condições aeróbias, e o da estratificação térmica, eliminando-a.

Para controlar as taxas de crescimento de microrganismos pode ser adoptada a biomanipulação.

A adição de sulfato é outra solução que permite controlar o crescimento de algas. No entanto a acumulação de cobre pode ser tóxica.

A implementação de agitadores submersos ou de aspiração, assim como bombas de recirculação, pode ser utilizado para eliminar a estratificação térmica. Estas medidas podem também promover a libertação de fósforo dos sedimentos acumulados no fundo reservatório.

Deve ser efectuada uma dragagem anual dos sedimentos acumulados no fundo do reservatório, para limitar a formação de depósitos que dão origem ao gás sulfídrico.



A água armazenada pode ser filtrada em filtros de areia ou microtamizadores para remover as algas e reduzir a turvação. Pode também ser filtrada em zonas pantanosas construídas para o mesmo efeito.

A foto-oxidação é uma estratégia, que através da utilização de uma mistura adequada, as vantagens resultantes da exposição da água à luz do sol, podem ser aproveitadas.

Para controlar o crescimento de organismos aquáticos a solução a adoptar pode ser ainda remoção de nutriente da água.

Retirar água a diferentes profundidades do reservatório possibilita obter-se água com qualidade diferente.

#### **4.3.6.2. Reservatórios fechados**

Os problemas relacionados com o armazenamento de ART em reservatórios fechados aparecem em menor número e alguns são os mesmos que podem surgir nos reservatórios abertos. Pode-se então dizer que esses problemas são [36]:

- Estagnação;
- Libertação de odores, principalmente gás sulfídrico;
- Eventual perda de cloro residual livre, com perdas menos significativas do que nos reservatórios abertos;
- Repovoamento de microrganismos.

Para a resolver estes problemas, não existe nenhuma solução que seja realmente a melhor. A estratégia habitual para resolver os problemas nos reservatórios fechados é a combinação de três soluções, o arejamento, cloragem e recirculação.

O arejamento mantém o nível de oxigénio dissolvido residual para eliminar a formação de odores. A cloragem permite um controlo do crescimento de microrganismos. E a recirculação, se for adequada, pode limitar o crescimento de microrganismos e a formação de odores.

A junção das três soluções deve ser feita de modo a promover a circulação da água, evitar zonas mortas e manter um residual de cloro livre [36].

### 4.3.7. Instalação de rega

A instalação de um sistema de rega com ART não é diferente da instalação de um sistema de rega normal, no entanto é necessário ter em atenção a alguns aspectos. O método, processo e tipos de rega é um aspecto a ter em consideração, pois nem todos os métodos são apropriados para a rega com ART. A identificação das tubagens e a sinalização é também importante para que todos saibam que a rega é efectuada com ART.

#### 4.3.7.1. Métodos, processos e tipos de rega

Existem diferentes métodos de rega, os mais utilizados são o escoamento, infiltração, aspersão e alagamento, no entanto a rega por alagamento não é adequada para a rega com águas residuais tratadas. Na Tabela 10 estão apresentados os métodos, processos e tipos de rega que podem ser utilizados com ART, de acordo com a NP 4434.

Tabela 10. Métodos, processos e tipos de rega potencialmente utilizáveis com águas residuais urbanas tratadas

Métodos de rega	Processos e tipos de rega
Escoamento	Regadeiras de nível Regadeiras inclinadas Planos inclinados Faixas
Infiltração	Caldeiras Sulcos Rega subterrânea Rega gota-a-gota: Superficial; Subterrânea.
Aspersão	Aspersão convencional: Com equipamento estacionário; Com equipamento semovente. Mini-aspersão: Estática ou micro-aspersão; Dinâmica.
Fonte: NP 4434	

A selecção do método de rega a utilizar depende da qualidade das ART, do tipo de cultura, das características do solo, topografia, hidrogeologia e proximidade das zonas habitadas.

No que diz respeito a campos de golfe, os métodos de rega mais apropriados quando utilizadas ART são a aspersão, convencional e micro-aspersão, para os relvados e infiltração, processo gota a gota, para as outras zonas.

#### **4.3.7.2. Identificação da tubagem, acessórios e órgãos de comando e controlo**

Como já foi dito anteriormente as tubagens do sistema de distribuição de ART devem ser identificadas de forma clara ao longo de todo o sistema. A identificação deve ser realizada utilizando uma única cor, marcação e etiquetagem (Figura 39) [35].



Figura 39. Tubagem Unibiline

Num sistema de abastecimento de ART, todas as caixas de válvulas devem ser identificadas de modo a serem facilmente diferenciáveis de outras de outros sistemas. Dentro destas caixas devem estar instaladas, num nível inferior ao exterior, todas as válvulas de controlo, de isolamento e de redução de pressão e os filtros.

Estas caixas devem ter uma inscrição ou rotulo moldado na superfície da tampa, e devem ser da mesma cor que a das tubagens. Ainda dentro das caixas devem estar colocadas etiquetas de identificação, estas devem ser construídas com um material resistente às intempéries e moldadas ou carimbadas com a informação "Água reciclada, não beber"[35]. Na Figura 40 é possível ver um exemplo de uma caixa de válvula e ligação rápida, devidamente sinalizadas.



Figura 40. Caixa de válvulas e ligação rápida identificada com etiqueta

As juntas devem ser de um tipo diferente das juntas de outros dispositivos de outros sistemas para evitar contaminação devido à ligação cruzada acidentalmente das tubagens. As mangueiras e juntas de ligação utilizadas num sistema de ART não devem ser utilizadas noutro sistema. Sempre que os dispositivos de ligação de mangueiras de água potável se localizem a distâncias inferiores a 18 metros dos de ART, devem ambos estar devidamente assinalados com letreiros [35].

Os órgãos de comando e de controlo do sistema de rega devem ser instalados de forma a impedir a sua operação por pessoas estranhas à instalação [37].

Estes órgãos devem também ser identificados com etiquetas para informar o operador que é um sistema de rega com água reciclada.

#### **4.3.7.3. Sinalização**

A zona a regar deve ser sinalizada claramente de modo a permitir a directa constatação que a mesma é uma zona sujeita à rega com ART. Devem ser colocados tabuletas com a informação: “Atenção! Zona de rega com águas residuais tratadas” (Figura 41) em todas as entradas e caso o espaço não seja vedado, em locais onde podem ser facilmente visto, afastadas no máximo 100 metros entre si [37].

Em todos os locais de armazenamento de ART e onde for possível retirar água do sistema (hidrantes, torneiras, válvulas de descarga de fundo, bocas de rega, etc.) devem ser colocados avisos, facilmente visíveis, com a informação: “Água reciclada, não beber” (Figura 42) [37].



Figura 41. Exemplo de tabuleta de informação

Toda a sinalização deverá ser na língua local e na língua dos utilizadores mais frequentes das instalações.



Figura 42. Exemplo de sinalização

### 4.3.8. Realização da rega

#### 4.3.8.1. Condicionalismos

A realização da rega com ART tem alguns condicionalismos associados, devido à possível contaminação, através do contacto com as águas residuais ou inalação de aerossóis.

A NP 4434 diz que rega deve ser efectuada sempre fora do horário de acesso ao público e preferencialmente à noite.

A legislação estabelece ainda que, quando a rega é efectuada por aspersão ou mini-aspersão, deve existir pelo menos um anemómetro amovível para medir a velocidade do vento junto dos aspersores, isto porque a rega não deve ser efectuada com velocidades do vento elevadas de maneira a provocar o arrastamento de gotículas para fora da zona a regar.

Em função do processo de rega utilizado e do afastamento existente entre a área a regar e a zona habitada mais próxima, devem ser admitidos os valores máximos admissíveis para a velocidade do vento representados na Tabela 11.

Sempre que forem medidos valores da velocidade do vento superiores aos limites estabelecidos, a rega não deve ser iniciada, e no caso da rega já estiver a ocorrer, deve ser suspensa o mais rápido possível [37].

Tabela 11. Valores máximos admissíveis para a velocidade do vento durante a rega

Processo de rega	Distância relativamente a zonas habitadas (m)	Valor máximo admissível para a velocidade do vento (m/s)
Aspersão	> 100	3,5
	100 a 70	2,0
	70 a 50*	2,0
Mini - aspersão	> 50	2,5
	50 a 30	2,0
*A rega por aspersão com águas residuais tratadas, a distâncias inferiores a 70m, é permitida apenas se as águas forem de elevada qualidade bacteriológica.		
Fonte: NP 4434		

#### 4.3.8.2. Medidas de protecção

A realização de rega com águas residuais tratadas implica estabelecer algumas medidas de protecção não só para os operadores dos sistemas e utilizadores do local, mas também da área envolvente.

Os operadores dos sistemas devem utilizar equipamento de protecção durante a realização das regas. O equipamento de protecção destina-se a reduzir o risco de contacto com as águas residuais e de inalação de aerossóis. As luvas, calçado adequado e quando a rega é por aspersão, uma máscara para protecção das vias respiratórias, são os equipamentos que devem ser utilizados na rega com ART [37].

Durante a realização da rega o acesso do público aos campos de golfe deve ser restringido ou impedido, de acordo com o grau de risco de contacto com as ART associado ao processo de rega. Quando a rega é efectuada por aspersão o risco de contacto é máximo, por isso deve ser proibido o acesso a estes locais durante a rega. Sendo o sistema de rega gota-a-gota e subterrânea, o risco é reduzido ou nulo, por isso o acesso do público a estes locais não necessita de ser condicionado, no entanto o público deve ser alertado para o facto de estar a ser efectuada a rega com ART [37].

No caso de existirem bebedouros nos locais onde é efectuada a rega com ART, estes devem estar devidamente protegidos, de maneira que a fonte de água não seja atingida com água da rega. Um bom exemplo de protecção para bebedouros pode ser visualizado na Figura 43.



Figura 43. Exemplo de protecção de bebedouro

Quando existir, na área envolvente dos terrenos a regar com ART, zonas habitacionais ou culturas agrícolas e se for utilizado o sistema de rega por aspersão, a área regada deve ser isolada por meio de cortinas de protecção, as quais podem ser constituídas por sebes ou com outro material adequado. No caso de as cortinas serem constituídas por sebes, as árvores ou arbustos utilizados devem ter altura e constituição adequadas à função pretendida e ao tipo de rega em causa, ou seja, deve ser tão densa e continua quanto possível [37].

De modo a não contaminar linhas de água, culturas e zonas da área envolvente à zona regada, esta deve ter um sistema de drenagem superficial e subsuperficial que assegure a recolha de eventuais excedentes da água da rega e que conduza estes excedentes para um destino final adequado. No caso de sistemas de rega localizada, como mini-aspersão e rega gota-a-gota, o sistema de drenagem subsuperficial é dispensável. O sistema de drenagem deve conter uma vala de cintura a qual deve garantir que não existência de escoamentos para o exterior da zona regada.

Sempre que existam parcelas regadas com ART e parcelas não regadas com ART adjacentes, as mesmas devem estar separadas e limitadas por uma faixa de terreno com uma largura mínima de 2m. Esta faixa deve ser limitada exteriormente por um socalco de terra, o qual não deve permitir, no caso de insuficiência da vala de drenagem, o escoamento superficial de água, não controlado, para fora da zona regada com ART.

Na existência de linhas de água superficiais a atravessar ou adjacentes à zona a regar com ART devem também assegurar-se a existência de uma zona de protecção das mesmas. A zona de protecção deve ser constituída por solo não regado com ART, ocupando duas faixas de terreno, com a largura mínima de 2m, instaladas para um e outro lado da berma da vala.

As faixas de protecção devem ser revestidas com vegetação herbácea que certifique a cobertura total e permanente do terreno, principalmente durante a realização da rega. Esta protecção deve ser efectuada independentemente da existência ou não de espécies arbóreas ou arbustivas na faixa, de forma a reduzir a quantidade de nutrientes descarregados na linha de água. As espécies pratenses não leguminosas espontâneas ou cultivadas são as mais adequadas a esta função protectora [37].



#### 4.3.9. Controlo e monitorização da instalação de rega

A utilização de ART na rega implica um controlo e monitorização desde recurso para que a rega seja efectuada de maneira que os poluentes contidos na água não sejam aplicados ao solo em condições que permitam baixar a qualidade do mesmo, das águas superficiais ou subterrâneas e da atmosfera. O utilizador das ART deve garantir não só que os níveis da qualidade da água já referidos neste documento sejam respeitados, mas também que as quantidades totais dos poluentes transportados pelas ART obedeçam a requisitos, estabelecidos pela NP 4434:

- As quantidades de nutrientes (azoto, fósforo e potássio) transportadas pela água de rega durante o ciclo vegetativo de uma dada cultura não devem exceder as quantidades estimadas para satisfazer as correspondentes necessidades dessa cultura (tendo em conta as quantidades dos nutrientes aplicadas sob a forma de fertilizantes minerais e orgânicos);
- As quantidades de metais pesados aplicadas anualmente ao solo não devem ultrapassar as quantidades máximas que constam na Tabela 12, nem conduzir a valores das concentrações dos mesmos no solo superiores aos valores-limites constantes na Tabela 4;
- As quantidades de poluentes aplicadas ao solo devem, em qualquer caso, ser compatíveis com a cultura regada e os condicionalismos específicos do local de aplicação (nomeadamente em termos de topografia e características físicas, químicas e hidrológicas do solo), de forma a garantir que as concentrações desses poluentes do solo, nas águas e nas plantas não atinjam valores inconvenientes para o desenvolvimento das culturas, para a integridade ambiental e para a saúde pública.

Além da monitorização da qualidade das ART, é também necessário fazer a monitorização da qualidade do solo sujeito á rega e das águas superficiais, subsuperficiais, de drenagem subsuperficial e subterrâneas possivelmente afectadas pela utilização deste recurso na realização da rega.

Tabela 12. Valores-limites para as quantidade anuais de metais pesados que podem ser introduzidos nos solos cultivados com base numa media de 10 anos

Parâmetro	Valor-limite [(kg/ha)/ano]
Cádmio	0,15
Cobre	12
Níquel	3
Chumbo	15
Zinco	30
Mercúrio	0,1
Crómio	4,5
Fonte: NP 4434:2005	

A entidade responsável pela instalação da rega deve preparar e utilizar um Plano de Monitorização Ambiental. Este plano deve conter toda a informação relativamente ao esquema de monitorização posto em prática na instalação, incluindo a identificação:

- Meios hídricos que serão controlados, como as linhas de água, lagos, albufeiras, poços, aquíferos;
- Metodologias a seguir na recolha de amostras de solos e de águas;
- Localização dos pontos onde a monitorização deve ser realizada;
- Determinações a efectuar na monitorização;
- A periodicidade das monitorizações.

No caso de determinações que têm de ser efectuadas obrigatoriamente em laboratório, como por exemplo as análises dos metais pesados, o laboratório em questão deverá estar acreditado para o efeito [37].

#### **4.3.9.1. Elementos de Controlo**

O controlo das quantidades de nutrientes e de metais pesados aplicadas ao solo deve ter por base o balanço desses componentes na parcela em análise. Este é calculado recorrendo aos volumes de águas residuais aplicados e aos valores da concentração dos

nutrientes e metais pesados nessas águas durante o período em questão e tendo em conta as quantidades de fertilizantes aplicadas.

De modo a permitir que as quantidades de nutrientes transportadas pelas ART sejam inseridas nos cálculos da fertilização convencional, as entidades gestoras responsáveis pela instalação de rega devem possuir 3 documentos, nomeadamente:

- Boletins de análise referentes à água utilizada na rega;
- Registos dos volumes de água aplicados e das quantidades de nutrientes e metais pesados aplicadas ao solo em cada uma das parcelas incluídas na área a regada;
- Plano de fertilização referente à totalidade da terra [37].

Os **Boletins de análise** devem conter os valores de todos os parâmetros que caracterizam a qualidade mínima da água para a rega, nomeadamente todos os que se encontram especificados na Tabela II, Tabela III e Tabela IV em anexo. Os elementos a utilizar relativamente à qualidade da água para rega devem ser os valores constantes nos respectivos boletins de análise.

Os boletins de análise a utilizar dependem da entidade que efectua o tratamento das águas residuais e do modo de distribuição das mesmas. Os boletins de análise a utilizar quando a qualidade das águas residuais for assegurada pelo tratamento da ETAR, devem ser os fornecidos pela entidade gestora da ETAR. A entidade gestora da ETAR deve também, juntamente com o responsável da avaliação da qualidade das águas residuais, fornecer o mais recente boletim de análise da qualidade da água, nos casos em que a rede de rega tem origem da ETAR, mediante a existência de um sistema de adução e distribuição de água do tipo convencional.

A entidade gestora da instalação de rega, sempre que o tratamento das águas residuais é total ou parcialmente é por ela assegurado, tem a responsabilidade de certificar a caracterização laboratorial da água de rega e obter os correspondentes boletins de análise a utilizar no controlo dos nutrientes e poluentes.

Se as ART forem conduzidas até a um depósito de armazenamento provisório ou até ao local de aplicação com recurso a um meio de transporte móvel o boletim de análise a utilizar associado ao volume em questão deve ser o boletim fornecido no momento da carga da água na ETAR, nestes casos deve acompanhar o boletim um documento descrevendo o volume de água fornecido [37].

**O Registo dos volumes da água e das quantidades de nutrientes e metais pesados aplicadas ao solo** deve ser efectuado através do Mapa de Registo de Nutrientes e Metais Pesados Aplicados ao Solo, que se encontra em anexo, na Tabela V e Tabela VI. Este Mapa deve ser elaborado para cada parcela regada com ART e nele devem ser registados os seguintes dados:

- Volume de água aplicado diariamente ao solo;
- Concentração dos nutrientes azoto, fósforo e potássio na água da rega;
- Concentração dos metais pesados, constantes na Tabela 4, na água da rega;
- Quantidades de nutrientes e metais pesados aplicadas.

Além dos metais da Tabela 4 pode também ser alvo de registo outros elementos, em situações que a especificidade da constituição do solo assim o determine, para que a sua concentração no solo seja monitorizada e controlada.

$$M = \frac{V \times C}{1000} \quad (2)$$

Esta Equação (2) permite calcular a quantidade de cada um dos nutrientes e metais pesados aplicada por hectare. Sendo  $M$  a quantidade do nutriente ou metal pesado aplicado, por ha, no período em questão (dia, semana, mês ou ano), expressa em kg,  $V$  o volume de águas residuais tratadas aplicado, por ha, no mesmo período, expresso em  $m^3$ , e  $C$  a concentração do nutriente ou metal pesado na água utilizada, durante o período em que se aplicou o volume  $V$ , expressa em mg/L.

Deve existir uma correspondência entre os valores registados dos volumes de água aplicados e os consumos totais diários

Os valores registados dos volumes de água aplicados devem corresponder aos consumos totais diários observados na parcela. Nos consumos totais estão incluídos os eventuais consumos acidentais decorrentes de rupturas de condutas ou de erros de operação do equipamento de rega.

Mesmo que o registo dos volumes de água seja diário, o cálculo das quantidades parciais de nutrientes e metais pesados aplicadas poderá ser efectuado apenas no final do período de utilização de uma dada água, a que está caracterizada através do último boletim de análise recebido, e deverá ser efectuado sempre no final de cada mês [37].

O **Plano de fertilização** contém toda a informação referente ao esquema de fertilização adoptado para a zona a regar. O plano deve ser elaborado para cada uma das parcelas a regar, e nele deve constar os tipos, quantidades e épocas de aplicação dos fertilizantes a utilizar de maneira a que as necessidades nutritivas das culturas sejam satisfeitas, deve também constar neste plano a previsão dos volumes de água a aplicar ao longo do ciclo vegetativo das culturas e a estimativa das quantidades de nutrientes que deverão ser introduzidos no solo através da rega [37].

De acordo com a NP 4434:2005 o plano de fertilização é constituído pelos seguintes documentos:

- Boletins de Análise de Terra e/ou Boletins de Análise Foliar – estes devem conter os resultados da avaliação da fertilidade física e química do solo, fundamentando assim o esquema de fertilização adoptado.
- Mapa de Cálculo das Quantidades de Nutrientes a Aplicar – documento onde se expõem os cálculos das quantidades de nutrientes a aplicar ao solo. Estes cálculos são realizados com base nos valores determinados para a disponibilidade desses nutrientes existentes no solo e nas quantidades dos mesmos que se prevê que a cultura em causa venha a utilizar.
- Mapa de Programação de Fertilização – documento onde se encontram todos os elementos necessários à definição do esquema de fertilização adoptado, incluindo o tipo de fertilizantes minerais e orgânicos a utilizar e as correspondentes quantidades a aplicar e respectivas datas de aplicação, a previsão dos volumes de águas residuais a aplicar mensalmente na rega e a estimativa das quantidades de nutrientes a incorporar no solo através da água (valores a ter em conta no cálculo das quantidades de nutrientes a aplicar no solo com recurso a fertilizantes). O esqueleto deste mapa encontra-se apresentado em anexo, na Tabela VII.
- Mapa de Execução da Fertilização – neste mapa é efectuado o registo da fertilização e dos volumes verdadeiramente aplicados, é também realizado o cálculo das quantidades totais de nutrientes aplicadas ao solo através desses fertilizantes e da água da rega (em anexo, Tabela VIII).

#### **4.3.9.2. Monitorização das águas residuais**

As águas residuais devem ser monitorizadas periodicamente de modo a que a qualidade da ART a utilizar na rega seja assegurada.

A entidade gestora da ETAR, responsabilidade pelo fornecimento das ART, tem também a responsabilidade de assegurar a qualidade da água. Esta entidade apenas tem esta responsabilidade no caso de a água não sofrer armazenamento ou tratamento complementar a jusante da ETAR. Caso contrário, o controlo da qualidade da água é da responsabilidade da entidade responsável pelo tratamento ou armazenamento efectuado.

Todas as características físicas, químicas e microbiológicas cuja determinação seja obrigatória deverão ser alvo de controlo, com uma frequência das determinações a efectuar adequada à variabilidade das características médias das águas residuais afluentes à ETAR e aos condicionalismos da mesma. As características a analisar e a frequência de análise deverão satisfazer sempre o estabelecido na legislação em vigor. No caso das determinações do pH, salinidade, azoto total e inorgânico e fósforo, a periodicidade deve ser, no mínimo, semanal [37].

#### **4.3.9.3. Monitorização do solo**

A análise da terra onde é realizada a rega com ART deve ser efectuada, anualmente, para a determinação de fósforo e potássio assimiláveis, matéria orgânica e pH, e de 5 em 5 anos, para os teores no solo de cádmio, cobre, níquel, zinco, mercúrio e crómio e outros metais que a legislação imponha limites. Quando, no solo a regar, existem concentrações próximas, mas abaixo, dos valores limites impostos de alguns dos metais referidos anteriormente, a periodicidade de análise desses metais deverá ser mais frequente. Esta frequência depende das concentrações dos metais observadas no solo a regar e os valores limites em causa e deve ter em conta o grau de risco associado à presença desses metais nas ART.

A salinidade do solo deve ser determinada também, sempre que for conveniente, isto devido à salinidade original do solo ou da água utilizada.

A entidade responsável pela instalação de rega deve garantir o arquivo dos resultados das análises efectuadas [37].

#### **4.3.9.4. Monitorização dos meios hídricos**

A monitorização dos meios hídricos para controlo da sua qualidade deve cumprir o que estará assente no Plano de Monitorização Ambiental da instalação.

O sistema de controlo deverá incluir a existência de piezómetros, ou seja, dispositivos que permitem a verificação expedita da profundidade dos níveis freáticos na zona regada e a colheita de amostras de água dos mesmos. Estes dispositivos deveram ser construídos num material não contaminante para que as amostras sejam as mais verdadeiras possíveis, e devem ser instalados de modo a que seja possível a recolha de amostras de água até a uma profundidade mínima de 1 metro em zonas agricultadas e 1,8 metros em áreas florestadas. Os piezómetros devem ser colocados, nos locais de concentração de águas escoadas superficialmente e se descarga de águas de drenagem superficial da zona regada, em número suficiente para assegurar uma malha de pontos de monitorização com uma densidade adequada às características do local.

Utilizando os piezómetros, os utilizadores das águas residuais, podem efectuar a medição da profundidade dos níveis freáticos e a determinação da salinidade da água através da medição da condutividade eléctrica. Estas determinações devem ser efectuadas com uma periodicidade mínima mensal e sempre no início e final da época de rega, e devem ser registadas no Mapa de Acompanhamento da Qualidade da Água no Solo (em anexo, Tabela IX).

Através de amostras de água recolhidas nos piezómetros e origens de água localizadas nas parcelas regadas e na área envolvente das mesmas, deve ser determinado o azoto nítrico e total no início e no final de cada época de rega, de acordo com o definido no Plano de Monitorização Ambiental. Os boletins contendo os resultados destas análises efectuadas em laboratório devem ser mantidos em arquivo [37].

#### **4.3.10. Tarifário**

No tarifário de venda de ART existem diversos custos a ter em consideração, custos adicionais que a entidade gestora possa ter que suportar. Estes custos podem ser divididos em:

- Custos de investimento. Podem ser gerais – relativos às instalações e equipamentos de tratamento necessários para a afinação, o armazenamento, a elevação e o transporte comum a todos os utilizadores; podem também ser específicos para cada utilizador – relativos a infra-estruturas de distribuição relativas a cada utilizador;
- Custos de exploração. Custos com consumíveis, energia, manutenção e reparação, de pessoal e administrativos;
- Remuneração do capital empregue (capitais próprios e alheios) [33].

Estes custos devem ser repartidos por todos os utilizadores das ART, existem algumas regras que devem ser atendidas em relação a isto.

Os custos de investimento específicos para cada utilizador devem se fazer sentir individualmente, isto porque os custos de infra-estruturas de distribuição podem ter custos elevados que podem variar de utilizador para utilizador.

No que diz respeito aos custos de tratamento e distribuição, a entidade gestora, de acordo com as características do seu sistema, tem duas opções:

- Englobar todos estes custos à escala do sistema multimunicipal ou municipal, em conjunto com os custos de exploração, sendo estes repartidos por todos os utilizadores em função do caudal de cada um;
- Ou, quando existirem diferenças realmente relevantes na estrutura de custos de investimento gerais e/ou de exploração, definir mais do que uma categoria de sistema [33].

No último caso, a estrutura da tarifa que pode ser aplicada, não à globalidade do sistema, mas a cada subconjunto de estações de tratamento definido pela entidade gestora. Pode apresentar a estrutura a seguir descrita [33].

A estrutura é dividida em duas partes, o extra-tarifário e o tarifário em si.

Na parte de extra-tarifário entram todos os custos de investimento em infra-estruturas de distribuição dedicada a cada utilizador.

Na porção do tarifário existem duas parcelas:

- Parcela fixa. Nesta parcela são incluídos os custos de disponibilidade do serviço, isto é, custos gerais de investimento, custos fixos de exploração e a remuneração



do capital empregue, definida para cada utilizador em função do volume máximo diário contratado. Esta parcela é calculada através da Equação (3).

- Parcela variável. Soma todos os custos variáveis de exploração num valor unitário (€/m<sup>3</sup>) igual para todos os utilizadores. A Equação (4) determina como pode ser calculada a parcela [33].

Nos casos em que os volumes de ART são distribuídos através de meios móveis, é recomendada a aplicação de uma tarifa volumétrica média do sistema calculada de acordo com a Equação (5). Se o serviço de distribuição for prestado pela entidade gestora ou por um operador logístico por ela contratado, ao valor resultante deve ser acrescentado os custos de transporte e entrega das ART [33].

$$PF_{i(N)} = \frac{\sum_{j=1}^m (A - PPTE + CEF + COC)_{j(N)}}{\sum_{i=1}^n Q \max_{i(N)}} \times Q \max_{i(N)} \quad (3)$$

$$PV_{i(N)} = T_{v(N)} \times Q_{i(N)} = \frac{\sum_{j=1}^m (CEV)_j}{\sum_{i=1}^n Q_{i(N-1)}} \times Q_{i(N)} \quad (4)$$

$$T_{m(N)} = T_{v(N)} + \frac{\sum_{j=1}^m (A - PPTE + CEF + COC)_{j(N)}}{\sum_{i=1}^n Q \max_{i(N)} \times 365} \quad (5)$$

Em que:

PF = Valor anual da parcela fixa;

PV = Valor anual da parcela variável;

T<sub>m</sub> = Tarifa variável aplicada aos volumes distribuídos através de meios móveis (valor unitário, €/m<sup>3</sup>);

i = Utilizador;

n = Número total de utilizadores servidos pela entidade gestora  
j = Estação de tratamento;  
m = Número total de estações de tratamento onde se produz água para reutilização;  
N = Ano para o qual se está a efectuar o cálculo do tarifário;  
N-1 = Ano anterior;  
A = Amortizações do exercício;  
PPTE = Proveitos resultantes do pagamento dos troços de distribuição específicos;  
CEF = Custos de exploração fixos;  
CEV = Custos de exploração variáveis;  
COC = Custo de oportunidade do capital empregue afecto ao financiamento desta actividade (quer capitais alheios, quer capitais próprios);  
Q<sub>max</sub> = Volume máximo diário contratado por cada utilizador;  
T<sub>v</sub> = Tarifa variável (valor unitário, €/m<sup>3</sup>);  
Q = Caudal consumido.

## 5. ESTUDO DE UM CASO

De forma a sustentar as opções mencionadas e escolhidas para a gestão eficiente de água em campos de golfe, foi realizado um estudo de caso meramente teórico. Este estudo consiste em determinar vantagens económicas e ambientais, num hipotético campo de golfe situado em local a escolher, adequando o tipo de relva e utilizando ecoespuma, e considerando ainda as diversas hipóteses de rega.

### 5.1. Local

O local escolhido para o caso de estudo foi o concelho de Aveiro. Considerou-se que o campo de golfe poderia estar situado na freguesia de Nariz, pois é uma zona com mais áreas sem construção.

Nariz é a última freguesia do concelho de Aveiro no sentido Sul, e está à distância de 15 km do centro da cidade de Aveiro. Esta freguesia faz fronteira com o concelho de Oliveira do Bairro e Vagos. Tem uma área de 9,35 km<sup>2</sup> [38].

Na Figura 44 encontra-se a possível localização do campo de golfe na freguesia de Nariz, com uma hipotética estrutura do mesmo.

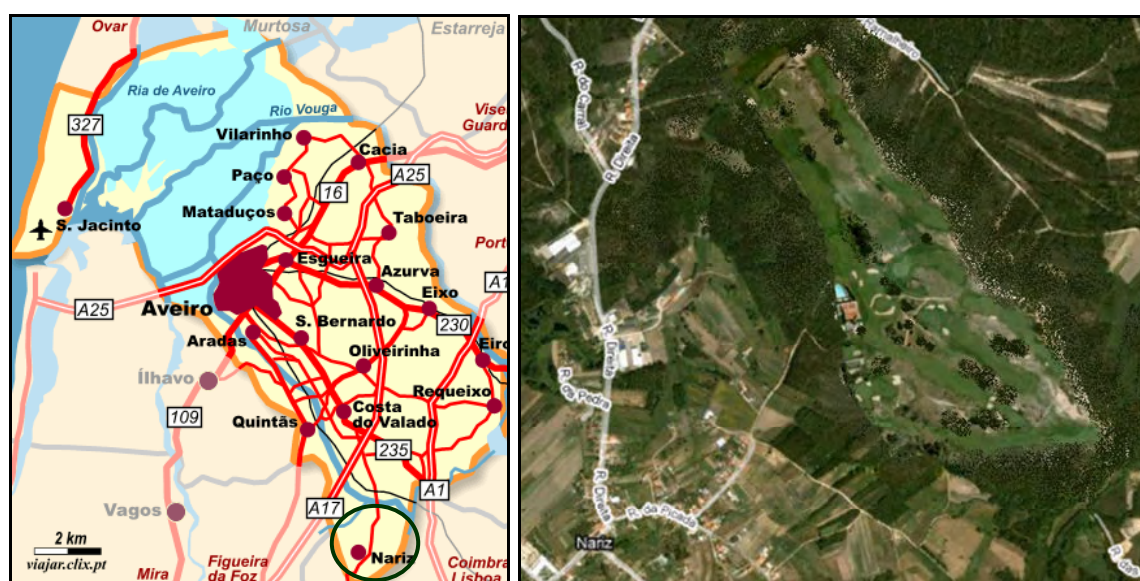


Figura 44. Possível localização do campo de golfe

## 5.2. Área

O campo de golfe teria uma área total de 85 hectares, valor este dentro dos valores normais para este tipo de infra-estruturas, sendo estes distribuídos pelas várias áreas de jogo e zonas de enquadramento. Esta distribuição está descriminada na Tabela 13.

Tabela 13. Áreas do campo de golfe (ha)

<i>Greens &amp; Tees</i>	5
<i>Farways &amp; Surronds</i>	25
<i>Roughs &amp; Semi-Roughs</i>	30
Zonas de enquadramento	25
<b>Total</b>	85

## 5.3. Disponibilidades hídricas

### 5.3.1. Caracterização climática

A temperatura média anual em Aveiro ronda os 15 °C. Nos meses de Junho, Julho e Agosto as temperaturas sobem, ultrapassando, por vezes, os 30°C. No que diz respeito ao frio, nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro sentem-se as temperaturas mais baixas. No entanto, a temperatura média não é muito baixa, ronda os 10°C, podendo baixar até aos 6°C. Pode-se dizer, a partir destes valores, que Aveiro tem um clima ameno, com temperaturas que não oscilam muito ao longo do ano [39].

No que diz respeito à humidade do ar, as médias anuais estão compreendidas entre 79 e 88%. Estas percentagens elevadas resultam da evaporação permanente que se verifica na Ria e ainda da humidade trazida pelos ventos quentes que, soprando do mar, são influenciados pela Corrente do Golfo [39].

Em Aveiro, os ventos são uma constante ao longo de todo o ano. Nos meses de Maio a Agosto, inclusive, são mais predominantes os ventos de Noroeste e Norte. Nos restantes

meses, a predominância de Noroeste vai diminuindo, aumentando progressivamente a influência dos ventos de Sudeste e Sul [39].

No que se refere às chuvas, elas ocorrem em maior intensidade em Janeiro, Novembro e Dezembro, com valores médios que rondam os 140, 150 mm. Os meses com menores intensidades de precipitação são Julho e Agosto, com valores médios que rondam os 10, 18 mm, existindo mesmo anos que não caem chuvas nestes meses. O valor médio anual de precipitação é da ordem dos 1000mm [39].

### 5.3.2. Precipitação

Para obter os valores da precipitação foram considerados os dados disponibilizados no Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) relativos ao posto 10G/01UG, Oliveira do Bairro, relativamente próximo do local.

Estes dados cobrem o período de 1931 até 2008 com um período de interrupção de 1999 até 2004.

Com base nos valores disponíveis, foram obtidos os seguintes resultados:

- Precipitação média anual: 1055,2 mm;
- Precipitação média mensal: 87,9 mm;
- Distribuição dos valores médios mensais: Tabela 14.

Tabela 14. Precipitações médias mensais

Mês	Precipitação (mm/mês)
Janeiro	147,0
Fevereiro	120,9
Março	110,6
Abril	89,1
Maio	77,9
Junho	36,2
Julho	10,4
Agosto	18,7
Setembro	49,6
Outubro	105,8
Novembro	139,5
Dezembro	149,6

## 5.4. Necessidades hídricas

As necessidades hídricas úteis das plantas, ou balanço hídrico de rega, são estimadas por meio de um balanço entre a evapotranspiração da cultura, a precipitação e outros factores [40]. O seu cálculo pode efectuado através da Equação (6).

$$NHU = (ET_c + LR + W_e) - (W_b + P_e + G_e) \quad (6)$$

Sendo:

NHU – necessidades de água úteis (mm);

$ET_c$  – evapotranspiração da cultura (mm);

LR – fracção de lixiviação;

$W_b$  – armazenamento inicial de água no solo (mm);

$W_e$  – armazenamento final de água no solo (mm);

$P_e$  – precipitação efectiva (mm);

$G_e$  – ascensão capilar a partir das águas subterrâneas (mm).

Admitindo que as necessidades de lixiviação serão satisfeitas pela água da chuva e pelas perdas da rega, e o armazenamento da água do solo será igual no início e no fim e que a contribuição dos níveis freáticos será desprezável, o balanço hídrico resume-se à diferença entre a evapotranspiração da cultura e a precipitação efectiva, Equação (7).

$$NHU = ET_c - P_e \quad (7)$$

A evapotranspiração da cultura é calculada a partir da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ), que por seu turno é determinada pela fórmula de Penman-Monteith [40].

No que diz respeito aos valores de evapotranspiração de referência mensal ( $ET_o$ ) são considerados os da Tabela 15. Estes valores foram obtidos a partir do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Vouga, e são resultantes de series mensais de 30 anos.

A evapotranspiração da cultura, que depende das características da cobertura vegetal, é calculada multiplicando a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) pelo coeficiente adimensional da cultura ( $K_c$ ), (Equação (8)) [40].

Tabela 15. Evapotranspiração de referência mensal

Mês	ET <sub>o</sub> (mm/mês)
Janeiro	22,0
Fevereiro	31,8
Março	56,3
Abril	77,1
Maio	98,9
Junho	111,7
Julho	125,9
Agosto	117,1
Setembro	82,4
Outubro	54,6
Novembro	30,9
Dezembro	21,6
Ano	830,3

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (8)$$

Os valores de  $K_c$  admitidos estão indicados na Tabela 16. Estes valores são baseados em valores propostos pela FAO e em valores adoptados noutros campos próximos deste local. Os valores de  $K_c$  apresentados são para um campo de golfe com tipos de relva C3.

Tabela 16. Coeficientes mensais característicos ( $K_c$  – relvas C3)

Mês	<i>Greens &amp; Tees</i>	<i>Farways &amp; Surrounds</i>	<i>Roughs &amp; Semi-Roughs</i>	Zonas de enquadramento
Janeiro	0,70	0,55	0,40	0,20
Fevereiro	0,70	0,60	0,45	0,20
Março	0,75	0,65	0,50	0,25
Abril	0,80	0,70	0,60	0,30
Maio	0,85	0,75	0,65	0,35
Junho	0,90	0,80	0,70	0,40
Julho	0,90	0,80	0,70	0,40
Agosto	0,90	0,80	0,70	0,40
Setembro	0,85	0,75	0,65	0,35
Outubro	0,80	0,70	0,55	0,25
Novembro	0,75	0,60	0,45	0,20
Dezembro	0,70	0,55	0,40	0,20

Com base nas tabelas anteriores, evapotranspiração de referência e coeficiente mensais característicos da cultura, é possível elaborar uma nova tabela com os valores de evapotranspiração da cultura discriminada por tipo de cobertura e por mês Tabela 17.

Tabela 17. Evapotranspiração da cultura – relvas C3 (mm)

Mês	<i>Greens &amp; Tees</i>	<i>Farways &amp; Surrounds</i>	<i>Roughs &amp; Semi-Roughs</i>	Zonas de enquadramento
Janeiro	15,4	12,1	8,8	4,4
Fevereiro	22,3	19,1	14,3	6,4
Março	42,2	36,6	28,2	14,1
Abril	61,7	54,0	46,3	23,1
Maiο	84,1	74,2	64,3	34,6
Junho	100,5	89,4	78,2	44,7
Julho	113,3	100,7	88,1	50,4
Agosto	105,4	93,7	82,0	46,8
Setembro	70,0	61,8	53,6	28,8
Outubro	43,7	38,2	30,0	13,7
Novembro	23,2	18,5	13,9	6,2
Dezembro	15,1	11,9	8,6	4,3
Ano	696,9	610,1	516,2	277,5

Parte das necessidades de rega são compensadas pela precipitação. Por isso, para calcular as necessidades de rega, devem ser deduzidas as precipitações, pois  $ET_c$  só corresponde às necessidades de rega na ausência de precipitação.

Como nem toda a precipitação é útil, é importante considerar a precipitação efectiva.

A precipitação efectiva ( $P_e$ ) pode ser determinada por algumas expressões matemáticas a partir da precipitação total ( $P_t$ ), tendo em atenção os números de escoamento definidos pelo método Soil Conservatios Service – SCS.

No entanto, o rigor destas expressões é discutível em algumas situações, sendo muitas vezes utilizados um método mais expedito, que consiste em adoptar para a precipitação efectiva uma percentagem da precipitação total. No presente caso de estudo foi adoptada a percentagem de 80%, utilizada em diversos estudos nesta zona do país.

Os valores obtidos para a precipitação efectiva apresentam-se na Tabela 18.



Tabela 18. Precipitação efectiva

Mês	Precipitação (mm/mês)
Janeiro	117,6
Fevereiro	96,7
Março	88,5
Abril	71,3
Maio	62,3
Junho	29,0
Julho	8,3
Agosto	14,9
Setembro	39,7
Outubro	84,6
Novembro	111,6
Dezembro	119,7

Obtidos os valores da evapotranspiração da cultura e da precipitação efectiva é possível calcular as necessidades hídricas úteis através da Equação (7). Na Tabela 19 encontram-se os resultados obtidos.

Tabela 19. Necessidades hídricas úteis – relvas C3 (mm)

Mês	<i>Greens &amp; Tees</i>	<i>Farways &amp; Surrounds</i>	<i>Roughs &amp; Semi-Roughs</i>	Zonas de enquadramento
Janeiro	0,0	0,0	0,0	0,0
Fevereiro	0,0	0,0	0,0	0,0
Março	0,0	0,0	0,0	0,0
Abril	0,0	0,0	0,0	0,0
Maio	21,8	11,9	2,0	0,0
Junho	71,6	60,4	49,2	15,7
Julho	105,0	92,4	79,8	42,1
Agosto	90,5	78,7	67,0	31,9
Setembro	30,3	22,1	13,8	0,0
Outubro	0,0	0,0	0,0	0,0
Novembro	0,0	0,0	0,0	0,0
Dezembro	0,0	0,0	0,0	0,0
Ano	319,1	265,5	211,9	89,7

Uma vez que a rega não é uniforme, o cálculo das necessidades hídricas deve ter em atenção as eficiências em cada caso.

As eficiências de rega dependem de diferentes factores, os principais são o tipo de redes de distribuição previstas e o método de rega a utilizar no abastecimento de água das diferentes plantas.

Na Tabela 20 encontram-se os valores das eficiências de rega ( $E_g$ ) admitidos para cada tipo de cobertura de acordo com o método de rega possivelmente utilizado [40].

Tabela 20. Eficiências de rega

Tipo de cobertura	Método de rega	$E_g$ (%)
<i>Greens &amp; Tees</i>	Aspersão	80
<i>Farways &amp; Surrounds</i>	Aspersão	80
<i>Roughs &amp; Semi-Roughs</i>	Aspersão	80
Zonas de enquadramento	Localizado	90

Agora é possível determinar as necessidades hídricas totais (NHT) para cada área através da Equação (9). Na Tabela 21 encontram-se os valores das necessidades hídricas totais.

$$NHT = \left( \frac{NHU}{E_g} \right) \times \text{Área} \quad (9)$$

Tabela 21. Necessidades hídricas totais – relvas C3 (m<sup>3</sup>)

Mês	<i>Greens &amp; Tees</i>	<i>Farways &amp; Surrounds</i>	<i>Roughs &amp; Semi-Roughs</i>	Zonas de enquadramento
Janeiro	0,0	0,0	0,0	0,0
Fevereiro	0,0	0,0	0,0	0,0
Março	0,0	0,0	0,0	0,0
Abril	0,0	0,0	0,0	0,0
Maió	1360,6	3712,2	745,9	0,0
Junho	4472,6	18872,5	18458,3	4364,4
Julho	6563,4	28882,9	29938,2	11684,8
Agosto	5653,2	24606,4	25136,5	8861,3
Setembro	1895,3	6901,6	5191,9	0,0
Outubro	0,0	0,0	0,0	0,0
Novembro	0,0	0,0	0,0	0,0
Dezembro	0,0	0,0	0,0	0,0
Ano	19945,1	82975,6	79470,7	24910,5
Total	207301,8 m <sup>3</sup> / ano			

Pode-se dizer então que as necessidades de rega serão de 19945,1 m<sup>3</sup>/ano para *Greens & Tees*, 82975,6 m<sup>3</sup>/ano para *Farways & Surrounds*, 79470,7 m<sup>3</sup>/ano para *Roughs & Semi-Roughs* e 24910,5 m<sup>3</sup>/ano para zonas de enquadramento, o que faz com que sejam necessários no total 207.301,8 m<sup>3</sup> de água por ano.

## 5.5. Opções

### 5.5.1. Relva

De acordo com o que foi escrito no Capítulo 4 do presente documento, adequar o tipo de relva às condições edafo-climáticas do local onde se encontra o campo de golfe é uma decisão importante para a poupança de água nos mesmos.

As relvas C4 têm uma melhor eficiência no uso da água, pois têm uma menor transpiração quando comparadas aos tipos de relva C3.

Os cálculos efectuados anteriormente para obter os valores das necessidades hídricas do campo de golfe foram efectuados admitindo que se tratava de um campo com tipos de relva C3. Agora os cálculos serão efectuados para um campo com tipos de relva C4.

Os valores da evapotranspiração de referência e precipitação efectiva são os mesmos, o que altera são os valores dos coeficientes mensais característicos da relva. Estes valores são de valor inferior aos anteriores, isto porque as relvas C4 têm uma menor transpiração. Os valores estão indicados na Tabela 22.

Os valores de  $K_c$  para as zonas de enquadramento são os mesmos, pois estas zonas têm culturas típicas da zona onde se encontra o campo de golfe. Sendo assim as mesmas já são adequadas as condições edafo-climáticas do local.

Tabela 22. Coeficientes mensais característicos ( $K_c$ - relvas C4)

Mês	<i>Greens &amp; Tees</i>	<i>Farways &amp; Surrounds</i>	<i>Roughs &amp; Semi-Roughs</i>	Zonas de enquadramento
Janeiro	0,60	0,45	0,30	0,20
Fevereiro	0,60	0,50	0,35	0,20
Março	0,65	0,55	0,40	0,25
Abril	0,70	0,60	0,50	0,30
Maio	0,75	0,65	0,55	0,35
Junho	0,80	0,70	0,60	0,40
Julho	0,80	0,70	0,60	0,40
Agosto	0,80	0,70	0,60	0,40
Setembro	0,75	0,65	0,55	0,35
Outubro	0,70	0,60	0,45	0,25
Novembro	0,65	0,50	0,35	0,20
Dezembro	0,60	0,45	0,30	0,20

Com estes dados, é possível obter os valores para a evapotranspiração da cultura, os quais se encontram na Tabela 23.

Tabela 23. Evapotranspiração da cultura – relvas C4 (mm)

Mês	<i>Greens &amp; Tees</i>	<i>Farways &amp; Surrounds</i>	<i>Roughs &amp; Semi-Roughs</i>	Zonas de enquadramento
Janeiro	13,2	9,9	6,6	4,4
Fevereiro	19,1	15,9	11,1	6,4
Março	36,6	31,0	22,5	14,1
Abril	54,0	46,3	38,6	23,1
Maio	74,2	64,3	54,4	34,6
Junho	89,4	78,2	67,0	44,7
Julho	100,7	88,1	75,5	50,4
Agosto	93,7	82,0	70,3	46,8
Setembro	61,8	53,6	45,3	28,8
Outubro	38,2	32,8	24,6	13,7
Novembro	20,1	15,5	10,8	6,2
Dezembro	13,0	9,7	6,5	4,3
Ano	613,8	527,1	433,2	277,5

É possível agora calcular as necessidades hídricas totais quando é utilizado o tipo de relva C4. Os valores obtidos encontram-se na Tabela 24.

Tabela 24. Necessidades hídricas totais – relvas C4 (m<sup>3</sup>)

Mês	<i>Greens &amp; Tees</i>	<i>Farways &amp; Surrounds</i>	<i>Roughs &amp; Semi-Roughs</i>	Zonas de enquadramento
Janeiro	0,0	0,0	0,0	0,0
Fevereiro	0,0	0,0	0,0	0,0
Março	0,0	0,0	0,0	0,0
Abril	0,0	0,0	0,0	0,0
Maio	742,4	621,6	0,0	0,0
Junho	3774,5	15381,9	14269,5	4364,4
Julho	5776,6	24948,5	25216,9	11684,8
Agosto	4921,3	20947,1	20745,2	8861,3
Setembro	1380,3	4326,6	2101,9	0,0
Outubro	0,0	0,0	0,0	0,0
Novembro	0,0	0,0	0,0	0,0
Dezembro	0,0	0,0	0,0	0,0
Ano	16595,1	66225,6	62333,5	24910,5
Total	170064,7 m <sup>3</sup> / ano			

Comparando os valores obtidos com os anteriormente alcançados, é possível ver que existe uma redução no consumo de água quando utilizadas relvas do tipo C4.

### 5.5.2. Ecoespuma

A ecoespuma é um substrato que melhora as propriedades físicas do solo, principalmente a capacidade do mesmo reter água. Através da utilização da ecoespuma é possível poupar água na rega dos campos de golfe.

De acordo com a bibliografia consultada o consumo pode ser reduzido até 40% do valor inicial. Sendo assim pode ser efectuado um calculo de quanto seria possível poupar utilizando este produto.

Na Tabela 25 e na Tabela 26 é possível ver os valores das necessidades hídricas quando utilizada a ecoespuma, admitindo que o consumo é 60% do consumo sem utilização da ecoespuma. É de realçar que foi admitido que este substrato não é utilizado nas zonas de enquadramento.

Tabela 25. Necessidades hídricas totais – Ecoespuma + relvas C3 (m<sup>3</sup>)

Mês	<i>Greens &amp; Tees</i>	<i>Farways &amp; Surrounds</i>	<i>Roughs &amp; Semi-Roughs</i>	Zonas de enquadramento
Janeiro	0,0	0,0	0,0	0,0
Fevereiro	0,0	0,0	0,0	0,0
Março	0,0	0,0	0,0	0,0
Abril	0,0	0,0	0,0	0,0
Maio	816,3	2227,3	447,5	0,0
Junho	2683,6	11323,5	11075,0	4364,4
Julho	3938,1	17329,7	17962,9	11684,8
Agosto	3391,9	14763,9	15081,9	8861,3
Setembro	1137,2	4141,0	3115,1	0,0
Outubro	0,0	0,0	0,0	0,0
Novembro	0,0	0,0	0,0	0,0
Dezembro	0,0	0,0	0,0	0,0
Ano	11967,1	49785,3	47682,4	24910,5
Total	134345,3 m <sup>3</sup> / ano			

Tabela 26. Necessidades hídricas totais – Ecoespuma + relvas C4 (m<sup>3</sup>)

Mês	<i>Greens &amp; Tees</i>	<i>Farways &amp; Surrounds</i>	<i>Roughs &amp; Semi-Roughs</i>	Zonas de enquadramento
Janeiro	0,0	0,0	0,0	0,0
Fevereiro	0,0	0,0	0,0	0,0
Março	0,0	0,0	0,0	0,0
Abril	0,0	0,0	0,0	0,0
Maio	445,5	372,9	0,0	0,0
Junho	2264,7	9229,1	8561,7	4364,4
Julho	3465,9	14969,1	15130,2	11684,8
Agosto	2952,8	12568,2	12447,1	8861,3
Setembro	828,2	2596,0	1261,1	0,0
Outubro	0,0	0,0	0,0	0,0
Novembro	0,0	0,0	0,0	0,0
Dezembro	0,0	0,0	0,0	0,0
Ano	9957,1	39735,3	37400,1	24910,5
Total	112003,0 m <sup>3</sup> / ano			

### 5.5.3. Necessidades hídricas. Comparação de resultados

Fazendo uma comparação dos resultados obtidos, na perspectiva da conservação do recurso pode-se dizer que, através da alteração dos tipos de relva dos campos de golfe de C3 para C4, é possível reduzir o consumo de água até 18%.

Também é possível dizer que as necessidades hídricas totais do campo de golfe, quando utilizada ecoespuma nos seus relvados, diminuem cerca 35 %.

Por ultimo, se for alterado o tipo de relva e for utilizada ecoespuma, os consumos de água anuais podem descer até 46%.

È possível comparar os valores das necessidades hídricas totais anuais para as diferentes opções na Tabela 27.

Tabela 27. Comparação de Necessidades hídricas (m<sup>3</sup> / ano)

	Tipo de relva	
	C3	C4
Sem ecoespuma	207301,81	170064,69
Com ecoespuma	134345,28	112003,00

## 5.6. Hipóteses de rega

Para a rega do campo de golfe vão ser estudadas três soluções:

- Água proveniente da rede pública;
- Água proveniente de furos de captação;
- Efluente tratado da ETAR.

### 5.6.1. Água da rede pública

Uma opção para a rega do campo de golfe é a utilização de água da rede pública. Neste caso, os Serviços Municipalizados de Aveiro (SMA) são a entidade gestora dos sistemas de abastecimento de água.

Esta opção tem algumas vantagens e desvantagens. As vantagens são que já existe uma rede de abastecimento de água e as desvantagens é que regar um campo de golfe com água da rede pública é muito mais caro e vai contra as recomendações do Plano Nacional para o Uso Eficiente de Água, o qual diz que a utilização de água da rede pública deve ser condicionada na rega de campo de golfe.

Para se ter a noção do custo de utilizar esta solução, apresenta-se de seguida a tarifa aplicada [41].

Tabela 28. Tarifário da água da rede pública em Aveiro

Escalões Mensais (preço de água fornecida)	
Consumo Domestico	
1º Escalão – de 0 m <sup>3</sup> a 5 m <sup>3</sup>	0,45 € / m <sup>3</sup>
2º Escalão – de 6 m <sup>3</sup> a 15 m <sup>3</sup>	1,00 € / m <sup>3</sup>
3º Escalão > 15 m <sup>3</sup>	1,50 € / m <sup>3</sup>
Comercio e Indústria	
1º Escalão – de 0 m <sup>3</sup> a 50 m <sup>3</sup>	0,90 € / m <sup>3</sup>
2º Escalão > 50 m <sup>3</sup>	2,00 € / m <sup>3</sup>
Serviços Públicos e Administração Central	
Tarifa única	1,60 € / m <sup>3</sup>
Administração Local e Serv. Sociais, IPSFL e Agremiações Desportivas	
Tarifa única	<b>0,58 € / m<sup>3</sup></b>
Tarifas de Ligações Provisórias / Obras	
Tarifa única	2,00 € / m <sup>3</sup>

### 5.6.2. Água de furos de captação

Outra opção para a origem da água da rega é a execução de um ou vários furos, admitindo a existência de condições hidrográficas para esta utilização. Esta solução implica alguns custos, nomeadamente na execução e manutenção do furo ou furos, e ainda uma taxa de recursos hídricos.

A água proveniente de furos faz parte do domínio público hídrico do Estado. De acordo com o Decreto-Lei n.º97/2008, para a utilização privativa de águas do domínio público hídrico do Estado é necessário pagar uma taxa de recursos hídricos.



Esta taxa é calculada pela aplicação de um valor de base ao volume de água captado, expresso em metro cúbico, multiplicado pelo coeficiente de escassez aplicável [42].

No presente caso, e de acordo com o DL n. °97/2008, o valor de base é 0,015, e o coeficiente de escassez é 1,1, isto porque Aveiro está situado na bacia hidrográfica do Vouga. Resulta assim o valor de 0,0165 €/m<sup>3</sup> da taxa de recursos hídricos [42].

O pagamento da taxa de recursos hídricos é feito até ao termo do mês de Fevereiro do ano seguinte àquele a que a taxa respeite [42].

Neste caso, haveria ainda que ponderar o custo de investimento (furo, estação elevatória, equipamento electromecânico, etc.), cuja respectiva amortização normal se poderia estimar em 2500 €/ano.

### 5.6.3. Efluente tratado da ETAR

A hipótese de rega com efluente tratado de ETAR é uma das soluções encontradas para o uso eficiente de água nos campos de golfe.

Em Aveiro os efluentes recolhidos são encaminhados parte para a ETAR Norte e parte para a ETAR Sul, onde são tratados. Em 2008 foi recolhido um caudal no valor de 5.081.579 m<sup>3</sup> [43].

Uma destas ETAR poderia dispensar parte do seu efluente tratado para rega do campo de golfe em vez de o rejeitar no mar através do Exutor Submarino de S. Jacinto.

Na Figura 45 é possível ver localização das duas ETAR e de todo o Sistema Multimunicipal de Saneamento da Ria de Aveiro [43].

A ETAR Norte (Figura 46) localiza-se na freguesia de Cacia, concelho de Aveiro. Foi projectada para satisfazer as necessidades de tratamento de efluentes oriundos dos concelhos de Águeda, Aveiro (parte), Albergaria-a-Velha, Estarreja, Murtosa, Oliveira do Bairro e Ovar.

Foi dimensionada para servir uma população de 272.000 habitantes equivalentes e, no ano horizonte do projecto (ano 2018), esta ETAR tratará um caudal médio diário de cerca de 48.705 m<sup>3</sup> [43].



Figura 45. Mapa de localização das ETAR



Figura 46. ETAR Norte (esquerda); ETAR Sul (direita)

A ETAR Sul (Figura 46) localiza-se na freguesia da Gafanha da Encarnação, concelho de Ílhavo. Foi projectada para satisfazer as necessidades de tratamento de efluentes procedentes dos concelhos de Aveiro (parte), Ílhavo, Mira, e Vagos.

Esta ETAR foi dimensionada para servir uma população de 159.700 habitantes equivalentes, e tratará, no ano 2018, um caudal médio diário de 39.278 m<sup>3</sup> em época alta [43].

O tratamento dos efluentes é igual nas duas ETAR.

Ao nível da fase líquida, realizam um tratamento secundário aos efluentes domésticos e industriais, composto pelas seguintes etapas:

- Pré-tratamento;
- Decantação primária;
- Tratamento biológico e;
- Decantação secundária.

Ao nível da fase sólida, resulta do tratamento a produção de biogás, aproveitável para a produção de energia, e de lamas digeridas e desidratadas, valorizáveis na Agricultura [43].

Nas duas ETAR é feito um controlo analítico da água tratada. Na Tabela 29 é possível ver parte dos resultados desse controlo para o mês de Agosto do presente ano [43]. No que diz respeito ao pH e sólidos suspensos totais, os valores apresentados encontram-se dentro dos valores máximos recomendáveis e admissíveis estabelecidos na Tabela III em anexo.

Tabela 29. Resultados analíticos do controlo da água tratada (Agosto de 2009)

	pH	SST (mg/l) Sólidos Suspensos Totais	CQO (mg/l) Carência Química de Oxigénio	CBO5 (mg/l) Carência Bioquímica de Oxigénio
ETAR Norte	7,7	19	72,3	9
ETAR Sul	7,6	20	88	10
VLE	6-9	60	125	25
Nota: Os valores limite de emissão (VLE) referidos correspondem a uma média mensal, dos resultados analíticos obtidos ao longo do mês, representativos de amostras compostas de 24 horas.				

Esta análise não é exaustiva mas, no âmbito do presente estudo académico, admitiu-se que o efluente será minimamente adequado para o fim em vista.

A utilização deste recurso tem também alguns custos associados. Existe um custo elevado associado à construção da infra-estrutura de condução de água. Quanto maior o afastamento do campo de golfe à ETAR maior o custo. Como já foi expresso anteriormente esta medida torna-se economicamente inviável se a ETAR não se encontrar dentro de um perímetro em que a distância de transporte da água seja inferior a 20-25 km. Ambas as ETAR se encontram a menos de 20 km do hipotético campo de golfe, logo é viável a utilização de ART.

A ETAR que se encontra mais próxima é a ETAR Sul. Esta ETAR situa-se a aproximadamente 17 km do hipotético campo de golfe. O custo da construção da infra-estrutura de condução da água estima-se em 60 €/km. Pode-se dizer então que o custo de investimento inicial é de 1020 €, cuja respectiva amortização se poderia estimar em 30,0 €/ano.

Uma questão importante para a utilização de ART é saber se a ETAR consegue fornecer caudal suficiente para abastecer o sistema de rega. A ETAR Sul trata actualmente um caudal médio diário de 12000 m<sup>3</sup>, ou seja, por ano são 4380000 m<sup>3</sup>. O caudal máximo necessário por ano para a rega dos campos de golfe é 207301,8 m<sup>3</sup>, pode-se então dizer que existe efluente tratado suficiente para a sua utilização na rega.

Outro custo associado a este recurso é o custo da água tratada em ETAR. Através de dados fornecidos pela empresa SIMRIA, e recorrendo à Equação (4) foi possível estimar a tarifa a aplicar ao consumo da ART. A tarifa obtida foi 0,11 €/m<sup>3</sup>.

## 5.7. Quantificação de custos

No ponto anterior foram determinadas as tarifas para cada solução de utilização de água para a rega do campo de golfe. As mesmas encontram-se descritas na Tabela 30.

Tabela 30. Tarifas das várias soluções

Solução	Tarifa (€/m <sup>3</sup> )
Rede pública	0,58
Furo captação	0,0165
ETAR	0,11

Aplicando as tarifas à quantidade de água necessária para a rega é possível quantificar o custo final por ano para cada solução. Esta quantificação vai ser efectuada para as várias opções, os 2 tipos de relva e sem e com utilização de ecoespuma.

### 5.7.1. Sem ecoespuma

Na Tabela 31 é possível ver o custo da água por ano para as diferentes soluções quando não é utilizada a ecoespuma. Nesta tabela apenas são apresentados os custos da água aplicada a tarifa de cada solução.

Tabela 31. Custo da água - sem ecoespuma (€/ano)

Soluções	Relva	
	C3	C4
Rede pública	120235,05	98637,52
Furo de captação	3420,48	2806,07
ETAR	22803,20	18707,12

Como foi referido no sub-capítulo anterior, existem outros custos associados às soluções. No caso do furo de captação é necessário somar ao custo da água captada no furo, o custo da electricidade associada à bombagem de água do mesmo, e a amortização do custo de investimento.

Para calcular o custo da electricidade consumida é necessário primeiro dimensionar o grupo de elevação, principalmente no que diz respeito à potência do grupo de bombagem.

A potência requerida por um grupo, para elevar o caudal  $Q$  (l/s), à altura total,  $H$  (m.c.a), é dada pela Equação (10), em que  $\gamma$  é o peso volúmico da água e  $\eta$  é o rendimento do grupo [44].

$$P = \gamma \times \frac{Q \times H}{1000 \times \eta} (kW) \quad (10)$$

Sabendo que:

$$\gamma = 9,8 \text{ N/dm}^3$$

$$Q = 29 \text{ l/s}$$

$$H = 200 \text{ m (valor estimado, face às características hidrológicas do local)}$$

$$\eta = 0,6$$

A potência de cálculo do grupo motor/bomba é 91 kW. A este valor é necessário efectuar um acréscimo de potência de 12%, resultando numa potência mínima a instalar de 101,8 kW. A potência comercial a considerar é 110 kW. Com esta potência o grupo de elevação consegue bombear 30 l de água por segundo. Para a situação de rega das espécies de relva C3 com solo sem ecoespuma, é necessário bombear 120235,05 m<sup>3</sup> de água por ano. Pode-se assim calcular as horas que o grupo teria que trabalhar para posteriormente se saber quanto custaria no final do ano bombear toda a água. O grupo teria de trabalhar 1919,46 horas por ano.

Considerando as tarifas cobradas pela empresa EDP (Energias de Portugal), o custo da electricidade é 0,1465 €/kWh.

Ao sabermos a potência da bomba (P), o número de horas que ela necessita de trabalhar e a tarifa da electricidade é possível através a Equação (11) calcular o custo total de electricidade por ano para bombear água do furo.

$$C = P \times n^{\circ} \text{ horas} \times \text{tarifa} \text{ (€/ano)} \quad (11)$$

O custo total da electricidade para captar água do furo quando é utilizado espécies de relva C3 é 30938,7 €/ano e para espécies de relva C4 de 25381,2 €/ano.

Para o caso da rega com efluente tratado é necessário também somar a amortização correspondente aos custos gerais de investimento.

A água proveniente da ETAR também necessita de ser bombada. No entanto, como a água é bombada á saída da ETAR, admite-se que o custo energético correspondente está incluído no custo da água, ou seja, na tarifa aplicada.

Na Tabela 32 apresentam-se o custo total associado á rega do campo de golfe sem a utilização da ecoespuma.

Tabela 32. Custo total para rega - sem ecoespuma (€/ano)

Soluções	Relva	
	C3	C4
Rede pública	120235,05	98637,52
Furo de captação	36859,14	30687,29
ETAR	22833,20	18737,12

### 5.7.2. Com ecoespuma

Na Tabela 33 apresentam-se o custo da água, mas agora com a utilização da ecoespuma. Aqui também apenas são apresentados os custos da água com a aplicação da tarifa de cada solução.

Tabela 33. Custo da água - com ecoespuma (€/ano)

Soluções	Relva	
	C3	C4
Rede pública	115607,79	94787,45
Furo de captação	3288,84	2696,54
ETAR	21925,61	17976,93

Aos valores que se encontram na Tabela 33 é necessário, além de se somar os custos referidos anteriormente, somar o valor do custo da ecoespuma necessária para o campo de golfe.

De acordo com os dados fornecidos pela Hubel [45], a respectiva amortização do valor do investimento do produto, para uma vida útil 10 anos, é 150000 €/ano.

No que diz respeito ao custo da electricidade para a captação de água do furo, é necessário calcular a potência do grupo, pois os valores do caudal necessário com a utilização da ecoespuma são mais baixos. O potencia do grupo neste caso seria 75 kW, resultando no custo total de electricidade para captar água do furo quando é utilizado espécies de relva C3 de 20506,0 €/ano, e para espécies C4 de 17095,7 €/ano.

Na Tabela 34 apresentam-se o custo total associado á rega do campo de golfe com a utilização da ecoespuma.

Tabela 34. Custo total para rega - com ecoespuma (€/ano)

Soluções	Relva	
	C3	C4
Rede pública	227920,26	214961,74
Furo de captação	175222,68	171443,79
ETAR	164807,98	162350,33

### 5.7.3. Comparação de resultados

Fazendo uma comparação dos resultados obtidos, pode-se dizer que utilizar água da rede pública para regar o campo de golfe não é económico. Como se pode ver na Tabela 35, utilizar água da rede pública é a solução com maior custo.

Se apenas fosse aplicada a tarifa ao consumo da água, a solução mais económica seria o furo de captação, como se pode ver na Tabela 35, na situação em que é utilizada a ecoespuma e tipos de relva C4.

Tabela 35. Custo da água para as várias opções (€/m<sup>3</sup>)

Opções	Solo sem ecoespuma		Solo com ecoespuma	
	Relva C3	Relva C4	Relva C3	Relva C4
Rede pública	120235,05	98637,52	115607,79	94787,45
Furo de captação	3420,48	2806,07	3288,84	<b>2696,54</b>
ETAR	22803,20	18707,12	21925,61	17976,93

No entanto, como já foi referido anteriormente existem outros custos associados. Quando é utilizada a água da rede pública apenas existe o custo adicional com a ecoespuma, quando esta é utilizada. Ao utilizar água da ETAR é necessário somar o custo da construção da infra-estrutura de condução da água e, quando é utilizada, o custo da



ecoespuma. Os custos são maiores na utilização da água do furo. Além de se somar a amortização do custo de investimento do furo, é necessário somar a electricidade para elevar o caudal do furo, e o custo da ecoespuma quando é utilizada.

Como se pode ver na Tabela 36 os custos associados são maiores quando é utilizada ecoespuma. Na Tabela 36 também é possível ver que os custos associados a utilização da água do furo são os mais elevados.

Tabela 36. Custos associados às várias opções (€/m<sup>3</sup>)

Opções	Solo sem ecoespuma		Solo com ecoespuma	
	Relva C3	Relva C4	Relva C3	Relva C4
Rede pública	0,00	0,00	150000,00	150000,00
Furo de captação	33438,66	27881,23	173005,99	169595,74
ETAR	30,00	30,00	150030,00	150030,00

Na Tabela 37 encontra-se o custo total (água mais custos associados) para as várias opções.

Tabela 37. Custo total para as várias opções (€/m<sup>3</sup>)

Opções	Solo sem ecoespuma		Solo com ecoespuma	
	Relva C3	Relva C4	Relva C3	Relva C4
Rede pública	120235,05	98637,52	227920,26	214961,74
Furo de captação	36859,14	30687,29	175222,68	171443,79
ETAR	22833,20	18737,12	164807,98	162350,33

Como se pode ver na Tabela 37 a opção que fica mais barata é a utilização de águas residuais para a rega do campo de golfe. No entanto esta solução é mais económica quando não é utilizada ecoespuma no solo.

A utilização de ecoespuma, como se pode ver, não é rentável economicamente, pois o custo final é sempre mais elevado quando é utilizado este substrato. Isto acontece porque o valor a investir para a sua utilização é bastante elevado. No entanto, por razões de disponibilidade limitada do recurso água, poderá tornar-se viável.

No que diz respeito a utilização de espécies de relva tipo C4 em substituição das C3, é rentável, pois existe uma redução significativa nos custos, seja utilizada ecoespuma ou não.

Pode-se ainda concluir que nem sempre as soluções em que se poupa mais água são as mais económicas e que as soluções ambientais mais interessantes podem também não ser as mais económicas, o que poderá resultar do facto do custo do recurso água nem sempre incorporar devidamente os custos de escassez e outros custos ambientais (caso da água do furo, cujo o custo parece traduzir preocupações sociais com a implementação recente do seu licenciamento obrigatório).

## 6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

### 6.1. Conclusões gerais

Sabendo que a água é um recurso limitado e que os campos de golfe, devido aos seus enormes relvados, são grandes consumidores deste recurso, torna-se importante tomar consciência da necessidade de aplicar medidas e planos para a gestão eficiente de água em campos de golfe.

Em teoria, uma gestão eficiente de água só trás benefícios. Além de se preservar um recurso limitado é possível também poupar dinheiro e energia e ainda proteger o meio ambiente. A diminuição do consumo de água implica uma redução da factura de água no final do mês. A redução do consumo de água permite também a poupar a energia que é utilizada no tratamento e abastecimento de água, que por sua vez permite uma diminuição da emissão de gases nocivos para a atmosfera. A captação de água origina a produção de resíduos os quais são prejudiciais para o meio ambiente. Quanto menos água consumida, menor quantidade de dinheiro gasto, de energia utilizada, de emissões de CO<sup>2</sup> para a atmosfera e menor produção de resíduos lesivos para o meio ambiente.

Medidas como adequação da gestão da rega, gestão do solo, gestão das espécies plantadas e utilização de outros recursos hídricos, como águas recicladas, foram estabelecidas, pelo Plano Nacional para o Uso Eficiente de Água, para o uso eficiente de água em campos de golfe. No entanto, nem todas as medidas são rentáveis e fáceis de implementar.

Ao adequar as espécies plantadas, principalmente no que diz respeito à relva, é possível reduzir o consumo de água. Existem tipos de relva C3, para climas frios a temperados, e C4 para climas quentes. O uso eficiente de água das espécies C4 pode ser duas vezes superior ao das plantas C3, isto porque, quando sujeitas a condições semelhantes, as espécies C4 podem reduzir a sua transpiração enquanto fixam CO<sup>2</sup> em proporções iguais ou superiores às espécies C3. No entanto, esta maior eficiência não quer

dizer que a resistência á secura das espécies C4 seja superior as C3, mas existem indicações disso.

Utilizar substratos para a adequação do solo é uma medida bastante importante para a redução dos consumos e água. A ecoespuma é um substrato que permite aumentar a capacidade de retenção de água no solo, permitindo assim uma melhor gestão deste recurso pois, ficando a água retida, a relva tem a possibilidade de a utilizar melhor e existe uma redução das perdas por evaporação. Existem mais vantagens quando é utilizado este produto, como a germinação mais rápida da relva e a existência de um maior desenvolvimento radicular da vegetação. A utilização de ecoespuma, principalmente em locais de intenso pisoteio, tem outra vantagem, que é diminuir a compacidade dos solos permitindo um maior arejamento das raízes, essencial para o desenvolvimento dos relvados. Este produto pode ser utilizado na renovação de campos de golfe existentes, através da injeção, ou, na construção de novos campos de golfe, sendo aplicado por camadas.

A utilização de águas recicladas para efectuar a rega dos campos de golfe é uma solução que permite baixar o consumo de água potável ou freática. O efluente, ao ser utilizado como um recurso, não é descarregado nos meios receptores, reduzindo a poluição da água. Para que este recurso seja utilizado é necessário ter em atenção a qualidade das mesmas. Actualmente, existem meios que permitem que as águas residuais sejam tratadas até elevados níveis de qualidade. Para que a rega seja efectuada em segurança, quando é utilizado este recurso, é necessário identificar as tubagens, sinalizar o campo, efectuar a rega em horário que o campo não seja utilizado e aplicar medidas de protecção com vista em proteger os utilizadores do campo. Quando é utilizado este recurso é necessário efectuar um controlo e monitorização das águas, do solo e dos meios hídricos próximos do local onde é efectuada a rega com ART.

Através do estudo foi quantificada a quantidade de água que é possível ser poupada quando é efectuada a adequação do tipo de relva e quando é utilizado um substrato, neste caso ecoespuma. Através os resultados obtidos, é possível dizer:

- Com a alteração do tipo de relva plantadas, substituir tipo C3 para C4, reduziu-se o consumo de água 18%.
- Quando utilizada ecoespuma, as necessidades hídricas do campo de golfe diminuíram 35%.
- Com a alteração do tipo de relva e a utilização de ecoespuma os consumos de água desceram 46%.

No estudo foram também quantificados os custos para a realização da rega do campo de golfe. Foram comparadas 3 hipóteses de rega, água proveniente da rede pública e de furos de captação e o efluente tratado da ETAR.

Concluiu-se que utilizar água da rede pública para regar o campo de golfe não é económico.

Se apenas fosse aplicada a tarifa ao consumo da água, a solução mais económica seria o furo de captação. Ao serem aplicados os custos associados à construção de infra-estruturas, electricidade e aplicação da ecoespuma, a solução mais económica é a utilização de águas residuais, quando não é utilizado o substrato ecoespuma.

A utilização de ecoespuma não é rentável economicamente em qualquer um dos casos estudados. Contudo, poderá o ser quando a disponibilidade do recurso água for limitada.

No que diz respeito a adequar o tipo de relva é rentável em qualquer um dos casos.

Concluindo pode-se dizer que nem sempre as soluções em que se poupa mais água, ou as mais interessantes ambientalmente, são as mais económicas.

É possível dizer que o custo do recurso água nem sempre incorpora os custos de escassez e outros custos ambientais, o que pode distorcer os resultados. Isto é visível no caso da água do furo, onde o custo da água é aparentemente muito baixo, parecendo traduzir preocupações sociais relacionados com a implementação recente do seu licenciamento obrigatório.

## **6.2. Trabalhos Futuros**

No futuro seria interessante analisar estas soluções de gestão eficiente de água num ou em vários campos de golfe. Na verdade, sendo o estudo efectuado neste trabalho de índole teórica, os resultados obtidos carecem de validação em diferentes situações práticas.

O facto de realizar um estudo prático também seria interessante para avaliar se a utilização de ART traz malefícios para os relvados e se a sua utilização em conjunto com a ecoespuma não provoca problemas neste produto, dado que a bibliografia pesquisada nada refere neste âmbito.

Seria interessante efectuar um estudo com a implementação das medidas estudadas neste trabalho em campos de golfe, localizados no Norte, Centro e Sul de Portugal, para avaliar também a influência climática nos resultados finais.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *Programa Nacional para o Uso Eficiente de Água*. Setembro 2001, Laboratório Nacional Engenharia Civil, Instituto Superior Agronomia.
2. *Golfe, 10 produtos estratégicos para o desenvolvimento do turismo em Portugal*, Asesores en Turismo Hotelaria y Recreación,S.A.
3. *Orgãos do Campo*. [Disponível em: <http://www.fmh.utl.pt/fmhgolfe/>
4. <http://www.maderasgolf.com/>
5. *Racionalização da água de rega em campos de golfe*. [Disponível em: [http://www.aquagri.com/pdf/racionalizacao\\_uso\\_agua\\_golfe.pdf](http://www.aquagri.com/pdf/racionalizacao_uso_agua_golfe.pdf)
6. João Caço *Substratos para culturas sem solo "hidroponia"*. 2005. [Disponível em: [http://www.hubel.pt/hubel/Upload/Images/Artigos/HV\\_SubstratosCulturasSemSoloHidroponia.pdf](http://www.hubel.pt/hubel/Upload/Images/Artigos/HV_SubstratosCulturasSemSoloHidroponia.pdf)
7. Aguiar, A.M.d. *Solos e substratos*. 2006 [Disponível em: [http://webpages.icav.up.pt/pessoas/mccunha/Aulas/ComumAP\\_CA/Apontamentos/Propagacao/slides/Substratos.pdf](http://webpages.icav.up.pt/pessoas/mccunha/Aulas/ComumAP_CA/Apontamentos/Propagacao/slides/Substratos.pdf)
8. Silva, J.M.d., A.B.d. Silva, e M.C. Arrabaça. *Das relvas actuais às relvas do futuro*. Disponível em: <http://if.fc.ul.pt/golfe/com/relvas.htm>
9. Almeida, D.F.d. *Relvados*. 2004 [Disponível em: <http://www.dalmeida.com/floricultura/apontamentos/relvados.pdf>
10. MONTE, M.H.F.M.d. *NP 4434 – Norma sobre reutilização de águas residuais tratadas para rega*. Janeiro 2006 [Disponível em: [http://www.ipq.pt/front/Espaco\\_Q/200601/EspacoQ\\_200601\\_nt.htm](http://www.ipq.pt/front/Espaco_Q/200601/EspacoQ_200601_nt.htm)
11. Gamito, P. e A. Arsénio. *Disponibilidade e qualidade das águas residuais tratadas para rega no Algarve*. [Disponível em: <http://www.aprh.pt/congressoagua98/files/com/017.pdf>
12. *Water Conservation Guidelines for Golf Courses* [Disponível em: <http://www.state.nj.us/drbc/golfcourses.pdf>

13. *Ecoespuma – Economia de água em campos de golfe e espaços verdes*. Maio 2006  
[Disponível em:  
<http://www.hubel.pt/hubel/noticias.asp?action=detalhe&IDnoticia=47&lastURL=%2Fhubel%2Fnoticias.asp>
14. Communications, O.o.N. *Saving Water at the Golf Course*. 2007 [Disponível em:  
<http://news.duke.edu>
15. Martins, A., et al. *Potencialidades de Reutilização de Águas Residuais para Rega de Campos de Golfe na Região do Algarve*
16. Monte, M.H.F.M.d. *Reutilização de Águas Residuais na Rega*. [Disponível em:  
[http://www.cm-loures.pt/doc/Ambiente/ciclo\\_debates/AguasResiduais\\_APRH.pdf](http://www.cm-loures.pt/doc/Ambiente/ciclo_debates/AguasResiduais_APRH.pdf)
17. RainBird. *Rega para um Mundo em Crescimento*. [Disponível em:  
<http://www.rainbird.com/>
18. Viseu, S. *O Golfe e o Ambiente*. 2006 [Disponível em: <http://www.cnig.pt>
19. Correia, F.N. *Uso e Gestão Eficiente da Água*. 2008 [Disponível em:  
<http://www.portugal.gov.pt>
20. *A Água*. 2007 [Disponível em: <http://e-atlantico.org/seccaoa/agua.html>
21. *WaterSense*. [Disponível em: <http://www.epa.gov/WaterSense/>
22. *Desempenho Ambiental*. 2008 [Disponível em:  
[http://www.addp.pt/pt/dados.php?ref=desempenho\\_ambiental](http://www.addp.pt/pt/dados.php?ref=desempenho_ambiental)
23. *Condições edafoclimáticas*. 2009 [Disponível em:  
<http://ciberduvidas.sapo.pt/pergunta.php?id=21025>
24. Tipple, B.J. e M. Pagani, *The Early Origins of Terrestrial C4 Photosynthesis*. Annual Reviews, 2007.
25. Almeida, F.M.D. *Espécies de relva semeadas com maior frequência em Portugal e Espanha*. 2009 [Disponível em: <http://globalrelva.org>
26. Buckeridge, M.S., *Comparação entre os sistemas fotossintéticos C3 e C4*.
27. Baader, P., *FYTOGREEN-FOAM IN LAYING OUT SPORTS FIELDS* 1999.
28. Antunes, C., et al., *Avaliação da Ecoespuma (Fytofoam) na gestão da água de rega em campos de golfe*, in *II Congresso Nacional de Rega e Drenagem*. 2007.



29. *Fytofoam*. [Disponível em:  
<http://www.fytogreen.com.au/products/fytofoam/index.html>
30. *Fytofoam Slit Injection Flash Movie* [Disponível em:  
[http://www.fytogreen.com.au/images/fytofoam%20\(1\).swf](http://www.fytogreen.com.au/images/fytofoam%20(1).swf)
31. *Sport and Golf Fytofoam*. [Disponível em:  
<http://www.aquaresinstechnologies.com>
32. *Fytofoam Layer Appliaction Movie*. [Disponível em:  
<http://www.greenscape.eu.com/media/fytofoam/foamflash.swf>
33. Resíduos, I.R.d.Á.e., *Recomendação IRAR n.º 02/2007 - Utilização de Águas Residuais Tratadas*. 2007.
34. *Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 Agosto*
35. Program, S.B.R., *Rules and Regulations For Design and Operation of On-Site Recycled Water Facilities*, San Francisco Bay Regional Water Quality Board.
36. Santos, M.M.C.d., *Reutilização de Águas Residuais Urbanas Tratadas* 2008, Universidade Nova de Lisboa.
37. Instituto Português da Qualidade. *Norma Portuguesa sobre Reutilização de águas residuais urbanas tratadas na rega*, in NP 4434:2005, IPQ, Editor. 2006.
38. *Portal das Freguesias*. [Disponível em:  
<http://www.freguesias.pt/freguesia.php?cod=010507>
39. Simões, J. *Clima Aveiro*. [Disponível em: <http://www.regiaoocentro.net>
40. Pereira, L.S., *Necessidades de Água e Métodos de Rega*. 2004.
41. S.M. Aveiro. *Tarifário*. [Disponível em: <http://www.smaveiro.pt>
42. *Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 Junho*.
43. *Sistema Multimunicipal de Saneamento da Ria de Aveiro*. [Disponível em:  
<http://www.simria.pt/>
44. Silva-Afonso, A., *Apontamentos de Hidráulica Urbana - Estações Elevatórias*: Universidade de Aveiro.
45. Almeida, J., *Ecoespuma*, in *Hubel*. Outubro 2009.

## ANEXOS

Tabela I. Espécies de relva vs características [25]

ESPÉCIE	TOLERÂNCIA AO FRIO	TOLERÂNCIA À SECA	TOLERÂNCIA AO TRAFEGO	TOLERÂNCIA À SOMBRA	TOLERÂNCIA À SALINIDADE	
<b>Lolium perenne</b>	Média a Boa	Média	Excelente	Média a Boa	Depende da variedade	C3
<b>Poa pratensis</b>	Muito Boa	Boa	Boa	Média a Boa	Depende da variedade	C3
<b>Poa trivialis</b>	Boa	Média	Fraca	Boa	Não recomendado	C3
<b>Festuca arundinacea</b>	Boa	Muito Boa	Muito Boa	Muito Boa	Depende da variedade	C3
<b>Festuca ovina duriuscula</b>	Muito Boa	Muito Boa	Fraca	Muito Boa	X	C3
<b>Festuca rubra rubra</b>	Muito Boa	Muito Boa	Média	Muito Boa	Depende da variedade	C3
<b>Festuca rubra commutata</b>	Muito Boa	Muito Boa	Fraca	Muito Boa	Não recomendado	C3
<b>Festuca rubra trichophylla</b>	Muito Boa	Muito Boa	Média	Muito Boa	Depende da variedade	C3
<b>Agrostis stolonifera</b>	Excelente	Média	Boa	Média	Não recomendado	C3
<b>Cynodon dactylon</b>	Fraca a Média	Excelente	Excelente	Fraca	Boa	C4
<b>Paspalum vaginatum</b>	Fraca	Muito Boa	Muito Boa	Boa	Excelente	C4

Tabela II. Qualidade da água destinada à rega – características físico-químicas com potencial risco ambiental

Parâmetro S	Expressão dos resultados	VMR	VMA	Observações
Alumínio (Al)	mg/l	5,0	20	Risco de improdutividade em solos com pH<5,5. Em solos com pH<7 o risco de toxicidade é eliminado por precipitar o alumínio.
Arsénio (As)	mg/l	0,10	10	Toxicidade variável consoante as culturas, oscilando entre 12 mg/l para a erva-do-sudão e 0,05 mg/l para o arroz.
Bário (Ba)	mg/l	1,0		
Berílio (Be)	mg/l	0,5	1,0	
Boro (B)	mg/l	0,3	3,75	Para solos de textura fina e em curtos períodos recomenda-se como concentração máxima 2 mg/l.
Cádmio (Cd)	mg/l	0,01	0,05	Tóxico para o feijoeiro, beterraba e nabo em concentrações da ordem dos 0,1 mg/l em soluções nutritivas. Recomenda-se limites mais restritivos, dado este ião se acumular nas plantas e no solo, podendo prejudicar o ser humano.
Chumbo (Pb)	mg/l	5,0	20	As concentrações muito elevadas podem inibir o desenvolvimento celular das culturas.
Cloretos (Cl)	mg/l	70	-	Para a cultura do tabaco recomenda-se uma concentração inferior a 20 mg/l, não devendo exceder os 70 mg/l
Cobalto (Co)	mg/l	0,05	10	Tóxico em soluções nutritivas para a cultura do tomate na ordem dos 0,1 mg/l. Tende a ser inactivo em solos neutros ou alcalinos.
Cobre (Cu)	mg/l	0,20	5,0	Tóxico em soluções nutritivas com concentrações entre 0,1 mg/l e 1 mg/l para diversas culturas.
Crómio total (Cr)	mg/l	0,10	20	Por se desconhecer o seu efeito tóxico, recomendam-se limites mais restritivos
Estanho (Sn)	mg/l	2,0		
Ferro (Fe)	mg/l	5,0		Não tóxico em solos bem arejados, mas pode contribuir para a acidificação do solo, tornando indisponível o fósforo e o molibdénio.
Flúor (F)	mg/l	1,0	15	Inactivado em solos neutros e alcalinos.
Lítio (Li)	mg/l	2,5	5,8	Tolerado pela maioria das culturas em concentrações superiores a 5 mg/l; móvel no solo. Tóxico para os citrinos a baixas concentrações (< 0,075 mg/l).
Manganés (Mn)	mg/l	0,20	10	Tóxico para um certo número de culturas desde algumas décimas até poucos mg/l, mas normalmente só em solos ácidos.
Molibdénio (Mo)	mg/l	0,005	0,05	Não é tóxico em concentrações normais. Em solos ricos em molibdénio livre as forragens podem no entanto ocasionar toxicidade nos animais.
Níquel (Ni)	mg/l	0,5	2,0	Tóxico para um certo número de culturas entre 0,5 mg/l e 1 mg/l; reduzida toxicidade para pH neutro ou alcalino.
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/l	50		Concentrações elevadas podem afectar a produção e qualidade das culturas sensíveis. No plano de fertilização da parcela convirá contabilizar o azoto veiculado pela água de rega.
Selénio (Se)	mg/l	0,02	0,05	Tóxico para culturas em concentrações da ordem dos 0,025 mg/l. Em solos com um teor relativamente elevado em selénio absorvido as forragens podem ocasionar toxicidade nos animais.
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	mg/l	575		
Vanádio (V)	mg/l	0,10	1,0	Tóxico para diversas culturas em concentrações relativamente baixas.
Zinco (Zn)	mg/l	2,0	10,0	Tóxico para diversas culturas numa gama ampla, toxicidade reduzida a pH>6 e solos de textura fina ou de solos orgânicos.
Fonte: Decreto-lei n.º 236/98, de 1 de Agosto				

Tabela III. Qualidade da água destinada á rega – características físico-químicas com potencial risco agronómico

Parâmetro S	Expressão dos resultados	VMR	VMA	Observações
Salinidade: CE SDT	dS/m mg/l	1 640		Depende muito da resistência das culturas à salinidade, bem como do clima, do método de rega e da textura do solo.
SAR (1)			8	Depende da salinidade da água, características do solo e do tipo de cultura a ser irrigada.
Sólidos suspensos totais (SST).	mg/l	60		Concentrações elevadas poderão ocasionar colmatagem em solos e assoreamento nas redes de rega, bem como entupimentos nos sistemas de rega gota-a-gota e aspersão, bem como neste último sistema a água poderá provocar depósitos sobre as folhas e frutos.
pH	Escala de Sorensen	6,5-8,4	4,5-9,0	
Fonte: Decreto-lei n.º 236/98, de 1 de Agosto				

Tabela IV. Qualidade da água destinada á rega – características microbiologias

Parâmetro S	Expressão dos resultados	VMR	VMA
Coliformes fecais	/100 ml	100	
Ovos de parasitas intestinais	N/l		1
Fonte: Decreto-lei n.º 236/98, de 1 de Agosto			

Tabela V. Mapa de Registo de Nutrientes e Metais Pesados Aplicados ao Solo

Identificação do utilizador responsável												
Nome (entidade gestora do sistema) -												
Morada -												
Identificação e localização da instalação												
Caracterização da parcela regada												
Designação -												
Propriedade -												
Código informático -												
Conceito e Freguesia -												
Nome -												
Código informático -												
Área (ha) -												
Cultura -												
Dotação de rega (m³) -												
Método de rega -												
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA ÁGUA												
CARGA POLUENTE APLICADA												
Data												
Volume aplicado (m³/ha)												
Nutrientes (kg/L)												
Metais pesados (kg/ha)												
Nutrientes (kg/ha)												
Metais pesados (kg/ha)												
Azoto (N)												
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )												
Potássio (K <sub>2</sub> O)												
Cádmio (Cd)												
Cobre (Cu)												
Cromo (Cr)												
Chumbo (Pb)												
Mercurio (Hg)												
Manganês (Mn)												
Zinco (Zn)												
Azoto (N)												
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )												
Potássio (K <sub>2</sub> O)												
Cádmio (Cd)												
Cobre (Cu)												
Cromo (Cr)												
Chumbo (Pb)												
Mercurio (Hg)												
Manganês (Mn)												
Zinco (Zn)												
Total Parcial												

\_\_\_\_\_ - **CUY**

### Caracterização da parcela regada

Tabela VII. Mapa de Programação da Fertilização

[illegible]

Tabela VIII. Mapa de Execução da Fertilização

### Mapa de Execução da Fertilização

Ano - \_\_\_\_\_

Identificação do utilizador responsável

[illegible]

### Caracterização da parcela regada

Código informático - Nome -	Área (ha) - Cultura (especie a cultivar) -	Dotacao de rega (m3) - Metodo de rega -
--------------------------------	---	--

Necessidades nutritivas da cultura (recomendacoes de fertilizacao)	N (kg/ha) - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) - K <sub>2</sub> O (kg/ha) -
---	--

[illegible]



[illegible]

### Mapa de Acompanhamento da Qualidade da Água no Solo

Anno - \_\_\_\_\_

## Identificação do utilizador responsável

**Nome (entidade gestora do sistema) -**

**Morada -**

**Código informático -**

**Concelho e Freguesia -**

### Caracterização da parcela regada

**Nome -**

Area (ha) -

**Código informático -**

**Cultura (specie a cultivar) -**

Dotação de rega (m<sup>3</sup>) -

**Método de rega -**